

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL ENLACE
MURO – ELEMENTO DE BORDE RELLENOS DE
GROUT EN MAMPOSTERÍA DE CONCRETO VIBRADO
NO REFORZADA”**

**TESIS PARA OBTENER EL TTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
CIVIL**

LINEA DE INV.: ESTRUCTURAS

AUTORES: BR. CHÁVEZ CASTRO, NATALY SOLANGE.
BR. SÁENZ VALDIVIA, CHRISTIAN ANDRÉS.

ASESOR: ING. WILLIAM CONRAD GALICIA GUARNIZ

TRUJILLO – PERÚ

2019

La presente tesis ha sido revisada y aprobada por el siguiente Jurado:

ING. CESAR LEONIDAS CANCINO RODAS

PRESIDENTE

ING. JORGE LUIS PAREDES ESTACIO

SECRETARIO

ING. MANUEL ALBERTO VERTIZ MALABRIGO

VOCAL

ING. WILLIAM CONRAD GALICIA GUARNIZ

ASESOR

DEDICATORIA

A mi querida madre María

Por inculcarme desde pequeña la importancia de los valores y el estudio, por ser un ejemplo de arduo trabajo para que esta meta sea cumplida, por su apoyo constante, su amor incondicional y palabras de confortación ante momentos de flaqueo.

A mi querido padre Andrés

Por mostrarse siempre dispuesto a apoyarme ante cualquier obstáculo presentado, por abrirme el camino para poder estudiar esta maravillosa carrera, por sus sabios consejos y palabras de ánimo.

A mis familiares

A aquellos tíos que son como padres, que siempre estuvieron apoyándome desinteresadamente y brindándome valiosos consejos. Y a aquellos primos que son como hermanos, que espero ser un buen ejemplo para que se sigan esforzando día a día por lograr sus metas.

Nataly Solange Chávez Castro

DEDICATORIA

A mis padres:

Por ser mi pilar fundamental y haberme apoyado incondicionalmente, pese a las adversidades e inconvenientes que se presentaron a lo largo del camino.

Christian Andrés Sáenz Valdivia

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por todos los logros obtenidos, por darme la fuerza de seguir progresando como persona y profesionalmente.

A mis padres, por la educación brindada, por depositar plena confianza en mí y siempre darme ánimos para seguir adelante.

A mi compañero de tesis, Christian, por la confianza y la oportunidad de compartir este logro.

Al Ing. Wiliam Galicia Guarniz por sus conocimientos impartidos y asesoramiento en todo el proceso de la investigación.

A mis docentes por todos los conocimientos brindados de manera incondicional y sus críticas constructivas.

A Juan, por ser parte de ese “dúo dinámico” formado en la universidad.

Finalmente, a mis grandes amigos por estar siempre presente cuando los he necesitado.

Nataly Solange Chávez Castro

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, por darme la oportunidad de formarme profesionalmente, y por darme todo el apoyo y aliento cuando más lo necesite.

A mi compañera de tesis, Nataly, por su amistad, por todo su esfuerzo y empeño puesto en esta investigación.

Al Ing. William Galicia Guarniz por su incondicional apoyo y asesoramiento en todo el proceso de la investigación.

A todos mis docentes por todos los conocimientos y consejos brindados a lo largo de mi carrera profesional.

Finalmente, a mis amigos, que permanentemente estuvieron a mi lado durante todo este camino.

Christian Andrés Sáenz Valdivia

RESUMEN

En el presente estudio se busca analizar el comportamiento del enlace muro – elemento de borde en mampostería de concreto vibrado no reforzado al ser sometido a cargas laterales. Se realizaron 3 prototipos de muros de escala real, con 2 muestras por prototipo y se diseñó un pórtico de carga para realizar los ensayos. A la vez se realizaron ensayos de laboratorio para obtener los datos de las unidades de albañilería y así poder contrastar resultados aplicando formulas teóricas y los resultados reales obtenidos con el pórtico de carga. Se determinaron factores de forma denominados k_1 , k_2 y k_3 , relacionando el muro y su elemento borde (E. B.) relleno de grout, obteniendo una relación óptima de acuerdo a los esfuerzos generados para dicho elemento. Los resultados obtenidos fueron:

$$k_1=0.3824$$

$$k_2=0.0344$$

$$k_3=0.7853$$

Con ayuda de los factores de forma obtenidos, se calculó las dimensiones ideales de los elementos de borde (E. B.) en dos casos planteados (ya sea para una vivienda o un cerco perimetral) para que presenten un mejor comportamiento ante cargas laterales.

PALABRAS CLAVES: Mampostería de concreto, albañilería, carga lateral, enlace muro – elemento de borde.

ABSTRACT

In the present study we seek to analyze the behavior of the link between the wall and the edge element in non-reinforced vibrated concrete masonry, when subjected to lateral loads. Three prototypes of real scale walls, with 2 samples per prototype and a loading frame were made to carry out the tests. At the same time laboratory test were carried out to obtain the data of the masonry units and thus be able to contrast results applying theoretical formulas and the real results obtained with the loading frame. The shape factors named k_1 , k_2 and k_3 were determined, relating the wall and its edge element (E. B.) filled with grout, obtaining an optimal ratio according to the efforts generated for said element. The included results were:

$$k_1=0.3824$$

$$k_2=0.0344$$

$$k_3=0.7853$$

With the help of the shape factors obtained, the ideal dimensions of the edge elements (E.B.) were calculated in two cases (either for a dwelling or a perimeter fence) to present a better behavior before lateral loads.

KEYWORDS: Concrete masonry, masonry, lateral loading, wall - edge element link

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
AGRADECIMIENTOS	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
CAPÍTULO I PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN	1
<i>I.1 Descripción del Problema.....</i>	<i>1</i>
<i>I.2 Formulación del problema</i>	<i>2</i>
<i>I.3 Objetivo General</i>	<i>3</i>
<i>I.4 Objetivos Específicos.....</i>	<i>3</i>
<i>I.5 Justificación de la Investigación.....</i>	<i>3</i>
<i>I.6 Viabilidad de la Investigación</i>	<i>3</i>
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	4
<i>II.1 Antecedentes de la investigación.....</i>	<i>4</i>
II.1.1 Antecedentes Nacionales:.....	4
II.1.2 Antecedentes Locales:	6
<i>II.2 Bases Teóricas.....</i>	<i>7</i>
II.2.1 Componentes de la albañilería	7
II.2.2 Sistemas Estructurales de mampostería	11
II.2.3 Comportamiento Mecánico de la mampostería en compresión	14
II.2.4 Comportamiento mecánico de la mampostería bajo tensión diagonal.....	16
II.2.5 Comportamiento sísmico observado en edificio	18
<i>II.3 Definiciones Conceptuales</i>	<i>19</i>
<i>II.4 Hipótesis:</i>	<i>19</i>
<i>II.5 Variables</i>	<i>20</i>
II.5.1 Variable Independiente:	20

II.5.2	Variable Dependiente:	20
II.6	Operacionalización de las variables	20
CAPÍTULO III	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	21
III.1	Tipo de investigación, enfoque y alcance o nivel	21
III.2	Población y Muestra	21
III.3	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.	21
III.4	Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos	26
CAPÍTULO IV	RESULTADOS.....	37
IV.1	Análisis	37
IV.1.1	Determinación del peso del muro.	37
IV.1.2	Determinación del ángulo de inclinación y la Fuerza Lateral.	37
IV.1.3	Cálculo del momento de volteo.....	40
IV.1.4	Cálculo del esfuerzo del muro	41
IV.2	Contrastación y prueba de la hipótesis:	43
CAPÍTULO V	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	49
CAPÍTULO VI	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	58
VI.1	Conclusiones	58
VI.2	Recomendaciones	61
ANEXOS.....		62
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Operacionalización de variables.	20
Tabla 2: Resultados del fb.....	23
Tabla 3: Resultados del f'm	24
Tabla 4: Resultado del v'm en laboratorio de la UPAO.....	25
Tabla 6: Resultado del v'm en laboratorio de la UNT	25
Tabla 7: Cálculo del peso propio del prototipo 1.	37
Tabla 8: Cálculo del peso propio del prototipo 2.	37
Tabla 9: Cálculo del peso propio del prototipo 3.	37
Tabla 10: Ángulos promedio por cada prototipo.	39
Tabla 11: Determinación de las Fuerzas laterales.....	39
Tabla 12: Brazos palanca de los prototipos.....	40
Tabla 13: Momento de volteo promedio por cada prototipo.....	41
Tabla 14: Cálculo del esfuerzo del muro.	42
Tabla 15: Esfuerzo promedio por prototipo.	43
Tabla 16: Factor k1 y esfuerzo promedio de los muros	44
Tabla 17: Factor k2 y esfuerzo promedio de los muros	45
Tabla 18: Factor k2 y esfuerzo promedio de los muros	46
Tabla 19: Cálculo de la resistencia al cortante de los prototipos.	48
Tabla 20: Resumen de momento de volteo y esfuerzo por prototipo.....	49
Tabla 21: Iteraciones para el cálculo del “a” adecuado para prototipo 1 – CASO 1.....	51
22: Cálculo de ”b” para prototipo 2 y 3 – CASO 1.....	51
Tabla 23: Iteraciones para el cálculo del “b” y “c” adecuado para prototipo en L – CASO 1	52
Tabla 24: Iteraciones para el cálculo del “a” adecuado para prototipo 1 – CASO 2.....	54
Tabla 25: Cálculo de ”b” para prototipo 2 y 3 – CASO 2.....	55
Tabla 26: Iteraciones para el cálculo del “b” y “c” adecuado para prototipo en L – CASO 1	55
Tabla 27: Iteraciones para el cálculo del “b” y “c” máximo para prototipo en L	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Vivienda de mampostería de concreto vibrado sin reforzamiento, agrietada, en la ciudad de Ilo-Moquegua.....	1
Figura 2: Vivienda de mampostería de concreto vibrado sin reforzamiento, en la ciudad de Magdalena de Cao – La Libertad	2
Figura 3: Bloques de concreto, arcilla y sílice-cal.	7
Figura 4: Ladrillos de arcilla, sílice-cal y de concreto.	7
Figura 5: Unidad Sólida o Maciza.....	8
Figura 6: Unidades Huecas.	8
Figura 7: Unidad Tubular.....	8
Figura 8: Ladrillos Nacionales de Arcilla	9
Figura 9: Ladrillos Nacionales de Sílico-Calcáreo.....	10
Figura 10: Ladrillos Nacionales de Concreto.....	11
Figura 11: Conformación de la mampostería confinada.	11
Figura 12: Sistema de mampostería reforzada interiormente.....	12
Figura 13: Sistema constructivo reforzado interiormente.	13
Figura 14: Sistema de mampostería sin refuerzo	13
Figura 15: Ensayo de una pila para determinar la resistencia a la compresión axial de la mampostería sin reforzar.....	14
Figura 16: Mecánica típica de falla de la mampostería a la compresión.....	15
Figura 17: Curva esfuerzo-deformación de pilas en compresión.....	15
Figura 18: Ensayo de compresión diagonal	17
Figura 19: Modos de falla de ensayos de compresión diagonal.....	18
Figura 20: Bloques de concreto de 39 x 19 x 09 cm.	21
Figura 21: Ensayo de compresión de la unidad.....	22
Figura 22: Falla de la unidad.....	22
Figura 23: Ensayo de compresión de pilas.....	23
Figura 24: Falla de las pilas.	23
Figura 25: Ensayo de compresión diagonal laboratorio UPAO.	24
Figura 26: Ensayo de compresión diagonal.	25
Figura 27: Dimensiones de la base de concreto para Tipo 1	26
Figura 28: Dimensiones de la base de concreto para Tipo 2.....	26
Figura 29: Dimensiones de la base de concreto para Tipo 3.....	27
Figura 30: Armado de los estribos de acero para las bases de concreto.....	27
Figura 31: Bases de concreto realizadas de acuerdo a cada prototipo.	28

Figura 32: Mezcla de mortero.	28
Figura 33: Relleno de grout en los elementos de borde.	29
Figura 34: Esquema del Tipo 1 – Vista Planta.....	29
Figura 35: : Esquema del Tipo 2 – Vista Planta.....	30
Figura 36: : Esquema del Tipo 3 – Vista Planta.....	30
Figura 37: Construcción de muro del Prototipo 2.	30
Figura 38: Esquema del Tipo 1 – Vista 3D y Vista real.....	31
Figura 39: Esquema del Tipo 2 – Vista 3D y Vista real.....	31
Figura 40: Esquema del Tipo 3 – Vista 3D y Vista real.....	32
Figura 41: Pórtico Metálico.	32
Figura 42: Tecle 3 ton.	33
Figura 43: Transportador de madera.	33
Figura 44: Colocación de tecle en el pórtico.....	34
Figura 45: Pórtico ubicado sobre eje de muro.....	34
Figura 46: Enganche del tecle al gancho del muro.	35
Figura 47: Ubicación del transportador de madera antes de inclinar el muro.	35
Figura 48: Grabación del ángulo de inclinación hasta el colapso del muro.....	36
Figura 49: Colapso del prototipo 2.....	36
Figura 50: Esquema del ángulo “ α ” proyectado.....	38
Figura 51: Determinación del ángulo “ α ” en campo.....	38
Figura 52: Brazos palanca de cada prototipo.	40
Figura 53: Esquema para obtener el esfuerzo máximo en compresión.	42
Figura 54: Dimensiones de a, b y L del prototipo 1.	43
Figura 55: Dimensiones de a, b y L del prototipo 2.	44
Figura 56: Dimensiones de a, b y L del prototipo 2.	44
Figura 57: Esquema de propuesta, prototipo en L	47
Figura 58: Esquema para cálculo de la Fdiag de muro.	48
Figura 59: Muro de mampostería de concreto sin elementos de borde, o confinamiento – Ciudad de Ilo-Moquegua.....	50
Figura 60: Esquema de la propuesta utilizando el modelo del Prototipo 1 – CASO 1. .	51
Figura 61: Esquema de la propuesta utilizando el modelo del Prototipo 2 y 3 – CASO 1.	52
Figura 62: Esquema de la propuesta utilizando el modelo del Prototipo en L – CASO 1.	53
Figura 63: : Muro perimetral de mampostería de concreto sin elementos de borde, o confinamiento – Ciudad de Ilo-Moquegua.....	53
Figura 64: Esquema de la propuesta utilizando el modelo del Prototipo 1 – CASO 2. .	54

Figura 65: Esquema de la propuesta utilizando el modelo del Prototipo en L – CASO 2.	56
Figura 66: Esquema de la propuesta con un “b” y “c” óptimo – CASO 2.	57
Figura 67: Esquema del Tipo 1 – Vista Planta	58
Figura 68: : Esquema del Tipo 2 – Vista Planta	58
Figura 69: : Esquema del Tipo 3 – Vista Planta	59
Figura 70: Dimensiones de a, b y L del prototipo 1.	60
Figura 71: Dimensiones de a, b y L del prototipo 2.	60
Figura 72: Dimensiones de a, b y L del prototipo 2.	60
Figura 73: Esquema de propuesta, prototipo en L	61

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Ángulos por cada prototipo	39
Gráfico 2: Momento de volteo por cada prototipo.	41
Gráfico 3: Esfuerzo de muro por prototipo.	42
Gráfico 4: Factor k1 vs esfuerzo promedio de los muros	45
Gráfico 5: Factor k2 vs esfuerzo promedio de los muros	45
Gráfico 6: Factor k3 vs esfuerzo promedio de los muros	46

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: Adquisición de 500 bloques de concreto de 39 x 19 x 09 cm.	63
ANEXO 2: Elaboración de pórtico metálico	63
ANEXO 3: Ensayo de compresión de la unidad	64
ANEXO 4: Ensayo de compresión axial	65
ANEXO 5: Elaboración y curado de muretes de bloques de concreto	66
ANEXO 6: Ensayo de compresión diagonal	67
ANEXO 7: Ensayo de carga lateral en los prototipos	68
ANEXO 8: Colapso de los prototipos	70

CAPÍTULO I PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

I.1 Descripción del Problema

Según el INEI (2016) aproximadamente el 66% de viviendas en sector urbano del Perú son construidas con ladrillo o bloque de cemento, lo que indica que las estructuras de mampostería son muy utilizadas. Sin embargo, el uso de técnicas inadecuadas de construcción, así como los defectos en la estructuración, han sido las causas principales por las que muchas viviendas tuvieron un mal comportamiento sísmico a nivel nacional.

Para el desarrollo de esta investigación se encontraron viviendas construidas predominantemente con mampostería de concreto vibrado no reforzado, y que no contaban con ningún tipo de arriostre, ni refuerzo con acero. Algunas de las cuales ya presentaban agrietamientos, así como se muestran en la Fig. 1 y 2.



Figura 1: Vivienda de mampostería de concreto vibrado sin reforzamiento, agrietada, en la ciudad de Ilo-Moquegua.

Fuente: Propia



Figura 2: Vivienda de mampostería de concreto vibrado sin reforzamiento, en la ciudad de Magdalena de Cao – La Libertad

Fuente: Propia

Además, teniendo en cuenta los estudios experimentales de albañilería confinada desarrollados por Peña, Bernardo & San Bartolomé (2009) se ha demostrado que, ante una carga lateral, cuando las columnas poseen un peralte significativo, su rigidez es muy alta, lo cual hace que trabaje independientemente de la albañilería, generando grietas verticales en el encuentro entre estos elementos; haciendo que las columnas no confinen a la albañilería, e incluso, deteriorando los arriostres frente a las solicitaciones de cargas perpendiculares (sismo severo) al plano del muro, perdiendo estabilidad y ocasionando un colapso parcial o total del muro.

Es por esto que, en el caso de mampostería de concreto vibrado no reforzada se pretende estudiar el comportamiento señalado anteriormente con respecto a sus arriostres, el cual no es mencionado en la Norma E.070 “Albañilería”, utilizando diversos prototipos de enlace muro-elemento de borde rellenos de grout.

I.2 Formulación del problema

¿Cuál será el comportamiento del enlace muro-elemento de borde rellenos de grout en mampostería de concreto vibrado no reforzada?

I.3 Objetivo General

Analizar el comportamiento del enlace muro-elemento de borde rellenos de grout en mampostería de concreto vibrado no reforzada.

I.4 Objetivos Específicos

- Realizar ensayos experimentales para obtener los valores de f'_m de los muros.
- Elaborar 3 prototipos de muros en escala real, realizando variaciones en las dimensiones de los elementos de borde rellenos de grout, teniendo 2 muros iguales para cada caso.
- Efectuar ensayos de cargas laterales con el peso propio de cada muro, haciendo uso de un marco metálico y teclé.
- Obtener y procesar resultados de acuerdo al ángulo de falla.
- Determinar las relaciones óptimas del elemento de borde relleno de grout de acuerdo a los factores de forma “k”.
- Analizar los resultados obtenidos.

I.5 Justificación de la Investigación

La presente investigación se enfocará en analizar y evaluar la incidencia de las de los elementos de borde rellenos de grout mediante ensayos experimentales en 6 prototipos de muros en una escala real, consistente en un paño de muros con su respectivo elemento de borde y base de concreto armado. Para que finalmente se establezca una configuración dimensional ideal que podrá ser útil para investigaciones futuras.

La importancia de este proyecto radica en que pretende generar un aporte para la Norma vigente E.070 relacionado en la mampostería de concreto vibrado no reforzada. Y finalmente, se busca incentivar a los estudiantes, docentes y profesionales en Ingeniería Civil en los temas de investigación experimental.

I.6 Viabilidad de la Investigación

El presente proyecto es viable ya que se cuenta con los recursos suficientes para el desarrollo completo del mismo y con el apoyo del asesor y los conocimientos adquiridos en la Universidad Privada Antenor Orrego.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

II.1 Antecedentes de la investigación

II.1.1 Antecedentes Nacionales:

Antecedente 1

Título: “EFECTOS DE LA CONEXIÓN ALBAÑILERÍA-COLUMNA EN EL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE MUROS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA A ESCALA 1/2.5”

Autores: ING. CLELIA VEGAS DI MALIO, ÁNGEL SAN BARTOLOMÉ.

Ciudad: Lima.

Año: 1991

San Bartolomé & Vegas di Malio (1991) muestran como objetivo, establecer una comparación entre el comportamiento de tres muros de albañilería confinada. Para tal fin se construyeron estos muros a una escala reducida (1/2.5), usándose concreto fluido debido a las dimensiones de las columnas de confinamiento. Los muros fueron ensayados a corte, aplicándose sobre la viga solera una carga lateral cíclica coplanar al muro en seis fases de desplazamiento horizontal controlado, llegando a registrar distorsiones angulares de hasta 1/100. El comportamiento del Muro 3 fue inferior a los anteriores, ofreciendo menor rigidez y resistencia, despegándose prácticamente desde el inicio del ensayo la conexión entre el muro y la columna, por lo que la técnica constructiva seguida en ese muro no es recomendable.

Aporte del Antecedente:

Esta investigación nos atestigua que se pueden obtener datos confiables en cuanto al comportamiento del muro y la conexión con los elementos de confinamiento de albañilería confinada a una escala determinada. En nuestro proyecto nos basamos en mampostería y la conexión entre el muro y elemento de borde haciendo prototipos a una escala real, con el fin de completar tal investigación e incluso servir de base en el cálculo del comportamiento entre la conexión del muro con sus elementos de borde.

Antecedente 2

Título: “EFECTOS DEL PERALTE DE LAS COLUMNAS EN EL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE LOS MUROS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA”

Autores: JORGE DANIEL BERNARDO ACUÑA, MARIO FERNANDO PEÑA DE LA CUBA, ÁNGEL SAN BARTOLOMÉ.

Ciudad: Lima.

Año: 2009

Peña, Bernardo, & San Bartolomé (2009) en su presente estudio pretende establecer una comparación de los efectos estructurales debido a la variación en las dimensiones del peralte de las columnas de confinamiento. Según ensayos, análisis teóricos y experiencias sísmicas se desprende que son dos las características esenciales para definir la naturaleza de la albañilería confinada, ya que ellas condicionan la calidad del comportamiento sismo-resistente o pos elástico. La primera de estas características es el inevitable agrietamiento por corte o por tracción diagonal. La segunda, es la separación que ocurre en la interfase entre los confinamientos y el paño de albañilería, inevitablemente cuando la rigidez del confinamiento es excesiva y que conduce a la desintegración del sistema estructural. Se construyeron los muros M1 y M2 para ser ensayados ante sollicitaciones sísmicas, para este fin se procedió en el laboratorio a someter a ambos muros a la aplicación de cargas laterales cíclicas con desplazamiento controlado. Obteniendo resultados en cuanto a la rigidez lateral, la carga de agrietamiento diagonal y la fisuración de tracción por flexión de cada espécimen. Así como también realizó un estudio por elementos finitos para corroborar resultados con el ensayo.

Aporte del Antecedente:

Esta investigación nos incentiva a profundizar sobre el tema de la rigidez lateral entre el enlace muro-elemento de borde rellenos de grout, realizando ensayos a escala real, corroborando los datos que se obtendrían experimentalmente con los resultados obtenidos ante un modelamiento con el Software SAP 2000 mediante la teoría de elementos finitos.

II.1.2 Antecedentes Locales:

Antecedente 1.

Título: “ENSAYO DE RESISTENCIA POR ACCIONES PERPENDICULARES AL PLANO PARA VERIFICAR LO ESTIPULADO EN LA NORMA E.070 DE ALBAÑILERIA PARA LA PROPUESTA ESTRUCTURAL DE UN MURO DISEÑADO CON FINES ARQUITECTÓNICOS”

Autores: EWDIS MARLON COLLANTES YUPANQUI, WILLIAM CONRAD GALICIA GUARNÍZ

Año: 2016

Collantes & Galicia (2016) en su tesis se centra en que la arquitectura moderna y los cada vez más exigentes diseños arquitectónicos obligan a realizar ensayos de diversos tipos de acuerdo a las solicitudes de cada proyecto, para poder brindar seguridad tanto en el proceso constructivo como el producto final, es por esta razón que fue necesario realizar el ensayo de resistencia a cargas laterales de un muro diseñado con fines arquitectónicos para brindar y salvaguardar la integridad física de las personas. Se realizaron diferentes ensayos en 10 muros haciendo uso de un marco metálico y un tecele para ser ensayado por acciones perpendiculares al plano, verificando en cada prueba el comportamiento del muro con la norma E. 0.70.

Aporte del Antecedente:

Esta tesis es de vital importancia ya que nos proporcionó la idea de la elaboración de un marco metálico que en ese caso fue para cargas perpendiculares, y que nosotros pretendemos modificar para que cargue al muro de manera lateral utilizando su mismo peso propio, este marco será parte fundamental de nuestra investigación.

II.2 Bases Teóricas

II.2.1 Componentes de la albañilería

II.2.1.1 Unidades de Albañilería

Respecto a las unidades de albañilería, algunas de las características generales son las siguientes:

Las unidades de albañilería son ladrillos y bloques en cuya elaboración se utiliza arcilla, sílice-cal o concreto, como materia prima. Se denomina ladrillo a aquella unidad cuya dimensión y peso permite que sea manipulada con una sola mano. Se denomina bloque a aquella unidad que por su dimensión y peso requiere de las dos manos para su manipuleo. (RNE, 2006, p.544).



Figura 3: Bloques de concreto, arcilla y sílice-cal.

Fuente: San Bartolomé (2005).



Figura 4: Ladrillos de arcilla, sílice-cal y de concreto.

Fuente: San Bartolomé (2005).

San Bartolomé (1994) afirma que “A nivel internacional, las unidades se clasifican de acuerdo al porcentaje de huecos (alveolos o perforaciones) que tienen en su superficie de asentado y por la disposición que éstos tengan” (p.105).

a) Unidades Sólidas o Macizas

Según Bartolomé (1994) define las unidades sólidas como aquellas unidades que no tienen huecos (alveolos o perforaciones) perpendiculares a la superficie del asiento, con una sección transversal que no debe exceder el

25% del área bruta. Además, estas unidades se suelen emplear para la construcción de muros portantes.



Figura 5: Unidad Sólida o Maciza.

Fuente: Google.

b) Unidades Huecas

San Bartolomé (1994) denomina a aquellas unidades cuya sección transversal paralela a la cara de asiento resulta menor al 75% del área bruta. Se clasifican los bloques de concreto vibrado que son usados generalmente para la albañilería armada y también, unidades con muchas perforaciones.



Figura 6: Unidades Huecas.

Fuente: Google.

c) Unidades Tubulares

San Bartolomé (1994) las define como la unidad de albañilería con huecos, alveolos o perforaciones paralelos a la superficie de asiento. Son utilizados en los tabiques.



Figura 7: Unidad Tubular.

Fuente: Google.

II.2.1.2 Unidades de Arcilla

Se dice que normalmente se producen unidades sólidas o tubulares y que “Tanto en el Perú como en el extranjero existe una variedad tremenda en las unidades de arcilla, esto se debe a los diversos procesos de elaboración y materia prima empleada”. (San Bartolomé, 1994, p.106)

Según Bartolomé (1994) las arcillas que se usan como materia prima para la fabricación de las unidades se clasifican en calcáreas y no calcáreas. Siendo la primera con un 15% de carbonato de calcio (unidad de color amarillento). Y la segunda, con silicato de alúmina con un 5% de óxido de hierro (unidad de color rojizo).

El proceso de fabricación es variado, lo que da lugar a unidades artesanales, semi – industriales e industriales, con una gran diferencia en sus formas, resistencias y dimensiones. Consta de:

- Extracción del material en la cantera.
- Molienda de la materia prima ya sea apisonándola o con molinos.
- Mezclado de la materia prima con agua y arena.
- Moldeado de la mezcla sobre moldes de madera, con prensas o “extrusoras”.
- Secado de las unidades sobre un tendal o en horno.
- Quemado de las unidades en hornos abiertos con quemadores de leña o petróleo.



Figura 8: Ladrillos Nacionales de Arcilla

Fuente: Google

II.2.1.3 Sílico - Calcáreo

“En el Perú existe una sola fábrica (“La Casa”) que produce estas unidades como: bloques, ladrillos (huecos y macizos) y unidades apilables”. (San Bartolomé, 1994, p.109).

Como materia prima se utiliza cal hidratada (10%) y arena (con 75% de sílice), dando a las unidades un color blanco grisáceo, y si se desea otras tonalidades se puede añadir pigmentos. Para la fabricación, primero se dosifica los materiales (incluyendo agua) en peso, se moldean las unidades ya sea con prensas mecánicas o hidráulicas. Después de endurecerse las unidades, se curan a vapor en cámaras “autoclave” con elevada presión. Esto forma un agente cementante (silicato cálcico hidratado) que une las partículas de arena. (San Bartolomé, 1994).

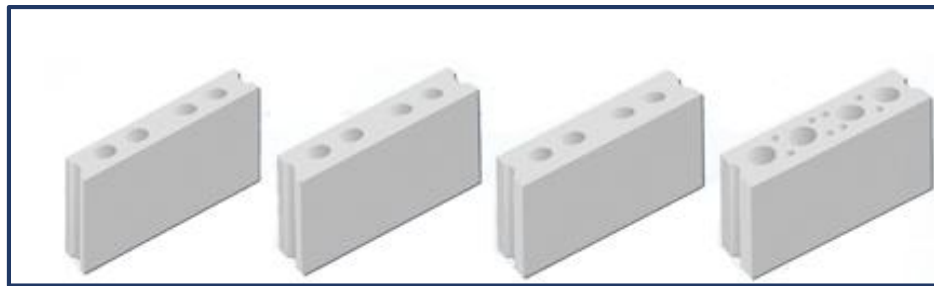


Figura 9: Ladrillos Nacionales de Sílico-Calcáreo

Fuente: Google

II.2.1.4 Unidades de Concreto

San Bartolomé (1994) nos dice que “Estas unidades pueden ser artesanales (ladrillos) o industriales (ladrillos y bloques), un tono gris verdoso, puede agregarse pigmentos que varíen su color. Su textura usual es gruesa, poros abiertos, y su peso puede aligerarse empleando piedra pómez como agregado”. (p.110).

Además, “Se pueden lograr unidades con una resistencia que dependa del uso a que se destine. Las unidades deben curarse por lo menos 7 días y no deben usarse antes de los 28 días de fabricadas”. (Gamarra, 2002, p.7)

Según San Bartolomé (1994) describe la fabricación de las unidades de concreto que consta, primero en una **dosificación** de los materiales por volumen (artesanal) o por peso (industrial). Luego, el **mezclado** de los materiales ya sea a mano (artesanal) o a máquina (industrial). Continuamente, el **moldeo** por vibro – compresión (industrial) o por maquinarias estacionarias o “ponedoras” (en obra), o “chuceando” la mezcla para moldes artesanales. Finalmente, el proceso de **curado** industrial en cámaras de vapor, en cámaras autoclaves, o con riego por aspersión.



Figura 10: Ladrillos Nacionales de Concreto

Fuente: Google

II.2.2 Sistemas Estructurales de mampostería

II.2.2.1 Mampostería confinada, con o sin refuerzo horizontal.

La mampostería confinada es aquella que se construye muros que se confinan con elementos de concreto reforzado (columnas y vigas) vaciados seguidamente de terminado el muro, lo que hace que actúen monolíticamente.

El comportamiento de un muro confinado depende de: la calidad de la albañilería, las dimensiones, la cuantía de refuerzo de los elementos de confinamiento, el trabajo conjunto que se logre entre los muros y los elementos de confinamiento, la esbeltez y la existencia de armadura horizontal en todo el muro. Además de tener especial cuidado de no interrumpir los lazos de confinamiento, es decir vigas y columnas del marco confinante, ya que, con ello, no se lograría el objeto de que trabajen como un solo elemento resistente a momentos flexionantes. (Florián, 2009, p.13).

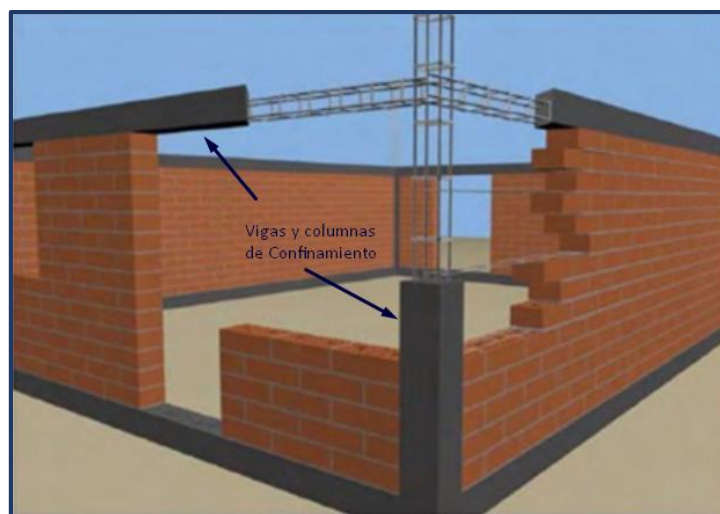


Figura 11: Conformación de la mampostería confinada.

Fuente: Google.

Florián Ramírez (2009) muestra varios detalles, los cuales se deben cumplir para lograr un buen confinamiento. Uno de ellos es que los elementos de confinamiento deben ser continuos, es decir que no deben interrumpirse en todo el perímetro de la construcción. Además, se recomienda que los muros a construir tengan una forma aproximadamente cuadrada y estos muros deben garantizar la calidad de resistencia a compresión, siendo recomendable no supere al 40% del porcentaje de perforaciones. Y como último detalle es que, la viga de amarre del cimiento no debe interrumpirse, es decir debe ser continua.

II.2.2.2 Mampostería reforzada

La mampostería reforzada es aquella forma de construcción en la que se utiliza refuerzo ya sean horizontales o verticales entre las unidades.

El refuerzo actúa en conjunto con la mampostería para resistir fuerzas verticales y horizontales que llegan hasta ella. Este sistema permite que las celdas de los bloques puedan ir rellenos con grout, ya sea en todas o bien solo las celdas en las cuales está el acero estructural de refuerzo. (Florián, 2009, p.11).

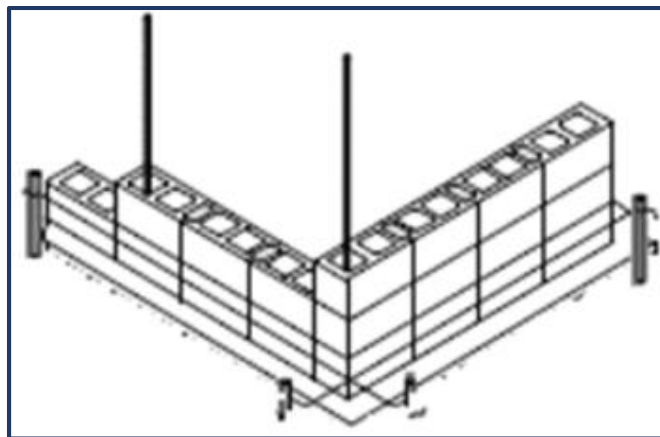


Figura 12: Sistema de mampostería reforzada interiormente

Fuente: (Florián Ramírez, 2009)

Hay un método común de construcción del sistema reforzado que consta en que “Se elevan primero las esquinas o cruces del muro unas cuatro a seis hiladas, formando una especie de pirámide en cada esquina o punto intermedio. Para cada nivel se debe verificar el nivel, verticalidad y horizontalidad” (Florián, 2009, p.12).

En la figura 13 se puede apreciar (a) Construcción en forma de pirámide en la esquina del muro; (b) Verificación de verticalidad y horizontalidad del muro.

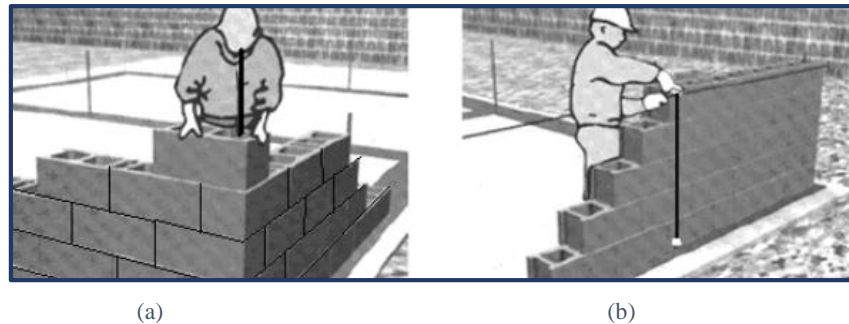


Figura 13: Sistema constructivo reforzado intteriormente.

Fuente: (Florián Ramírez, 2009)

II.2.2.3 Mampostería no reforzada

Miranda & Tena (2003) nos dicen que los muros de mampostería no reforzada están formados básicamente por dos elementos, por un lado, unidades que forman los ladrillos o bloques y por otro el mortero que se utiliza para unir dichas unidades.

Los muros de albañilería sin refuerzo presentan importantes limitaciones para resistir acciones sísmicas debido a que tienen poca capacidad para trabajar bajo esfuerzos flexionantes, además una vez producido el agrietamiento de sus elementos tienden a comportarse de manera frágil, por lo que el colapso de la construcción podría evidenciarse a la hora de un sismo de magnitud considerable, lo cual es muy peligroso para sus habitantes. (Florián, 2009, p.9).

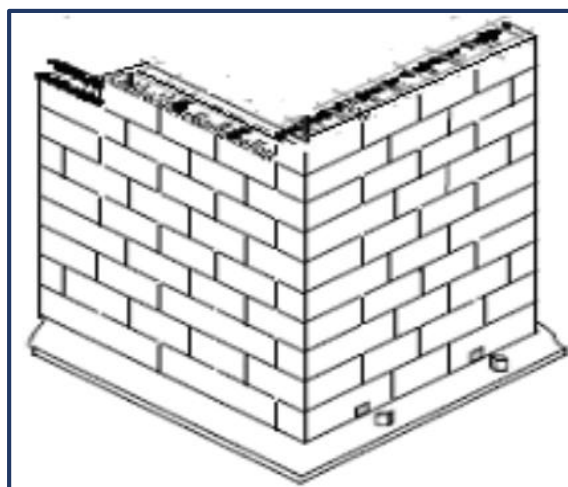


Figura 14: Sistema de mampostería sin refuerzo

Fuente: (Florián Ramírez, 2009).

II.2.3 Comportamiento Mecánico de la mampostería en compresión

Se sabe que para obtener un índice de la resistencia a la compresión de la mampostería se da con el ensayo de una pila.

El ensayo que se utiliza para obtener un índice de la resistencia a compresión de la mampostería y para estudiar la forma de relación esfuerzo-deformación y el efecto de las diferentes variables, es el de una pila formada por varias unidades sobrepuestas hasta obtener una relación altura a espesor de la pila, de aproximadamente cuatro. Las razones de esta elección se encuentran en la relativa facilidad de construcción y ensayo del espécimen, en que se reproducen razonablemente los modos de falla observados en muros a escala natural y en que, para $4t$ una pila de esas proporciones, las restricciones a las deformaciones transversales introducidas por las cabezas de la máquina de ensayo no influyen de manera importante en el comportamiento. (Miranda & Tena, 2003, p.109).

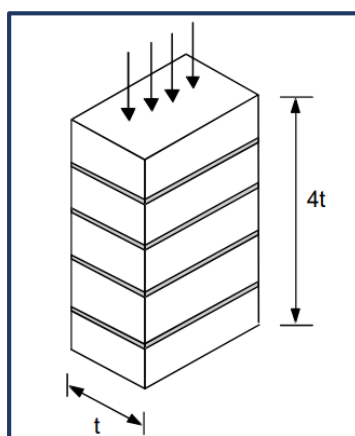


Figura 15: Ensayo de una pila para determinar la resistencia a la compresión axial de la mampostería sin reforzar.

Fuente: (Miranda & Tena Colunga, 2003).

Miranda & Tena (2003) mencionan que “El comportamiento y los modos de falla de la mampostería ante cargas axiales dependen en forma importante de la interacción de piezas y mortero” (p.110). Lo que se interpreta que las unidades y el mortero tienen características esfuerzo-deformación diferentes; entonces, al ser sometidos a un mismo esfuerzo se produce una interacción entre ambos que consiste en que el material menos deformable.

Las unidades en general, “Restringe las deformaciones transversales del material más deformable, introduciendo en él esfuerzos de compresión de

dirección transversal (Figura 16c). Por lo contrario, en el material menos deformable se introducen esfuerzos transversales de tensión (Figura 16b)” (Miranda & Colunga, 2003, p.110).

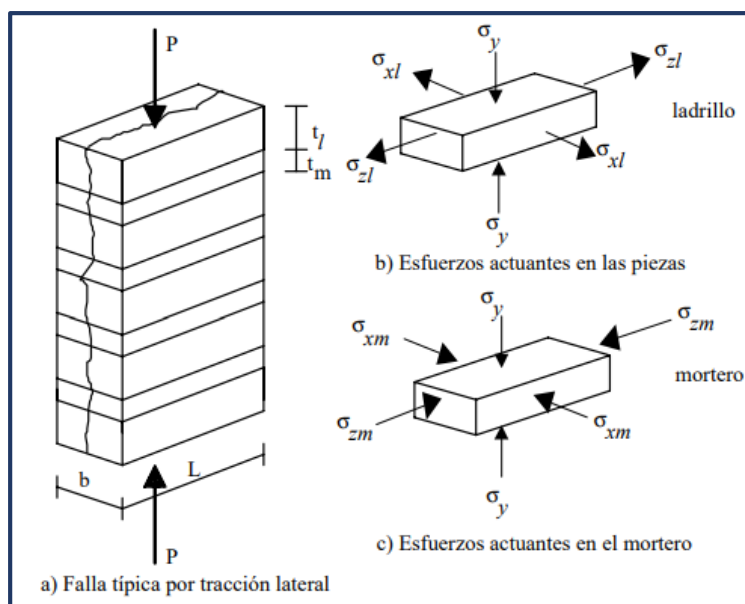


Figura 16: Mecánica típica de falla de la mampostería a la compresión

Fuente: (Miranda & Tena Colunga, 2003)

El gráfico de la relación esfuerzo-deformación registrada en ensayos de pilas a compresión es “Prácticamente lineal hasta la falla, que se presenta en general en forma brusca (Fig. 17). Únicamente para piezas de baja resistencia, la curva tiende a ser parabólica y la falla se produce en forma paulatina” (Miranda & Tena, 2003, p.111).

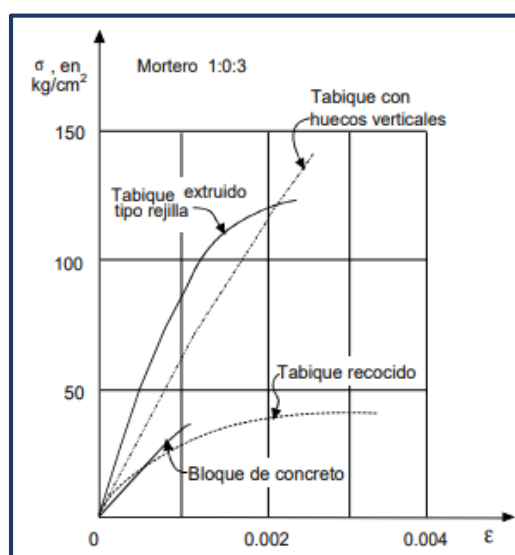


Figura 17: Curva esfuerzo-deformación de pilas en compresión

Fuente: (Meli, 1979).

Además, Miranda & Tena (2003) nos proporcionan una estimación de la resistencia a la compresión de la mampostería como:

$f_m = 0.45 f_p$ para piezas de barro y sílico-calceas.

$f_m = 0.60 f_p$ para piezas de concreto

Dónde:

f_m es la resistencia a la compresión de la mampostería.

f_p es la resistencia a la compresión de la pieza.

II.2.4 Comportamiento mecánico de la mampostería bajo tensión diagonal

Hay varias situaciones en las que un muro de mampostería está sometido a tensión diagonal.

Una de las situaciones más importantes es cuando una edificación de mampostería se ve sometida a un efecto sísmico; sin embargo, existen muchas otras situaciones en las que se pueden producir este tipo de sollicitación en la mampostería, como, por ejemplo, cuando se producen hundimientos diferenciales en una edificación de mampostería, o bien aún bajo la acción de cargas gravitacionales cuando existe una distribución poco uniforme de cargas verticales en un determinado muro. (Miranda & Tena, 2003, p.113).

Es por esto que resulta importante conocer el comportamiento mecánico de la mampostería no reforzada bajo este tipo de sollicitaciones, ya que es el tipo de acción que produce su falla con mayor frecuencia.

Miranda & Tena Colunga (2003) mencionan que para estudiar el comportamiento de la mampostería en tensión diagonal se utiliza un ensayo de compresión diagonal.

Este ensayo consiste que a un murete de área aproximadamente cuadrada y su base formada por lo menos de una y media unidad, donde se aplica una compresión diagonal.

En el murete se produce un estado de esfuerzos de compresión a lo largo de la diagonal en la cual se aplica la carga, pero al mismo tiempo se produce un estado de esfuerzos de tensión a lo largo de la diagonal perpendicular a la que se produce la compresión. Como en el caso de la

mampostería no reforzada el esfuerzo resistente a la tensión es mucho menor que el esfuerzo resistente a la compresión de la mampostería, aunque se trate de un ensayo de compresión diagonal, el modo de falla es en prácticamente todos los casos por tensión diagonal. (Miranda & Tena, 2003, p.114).

En la figura 18 se muestra esquemáticamente el ensayo de compresión diagonal.

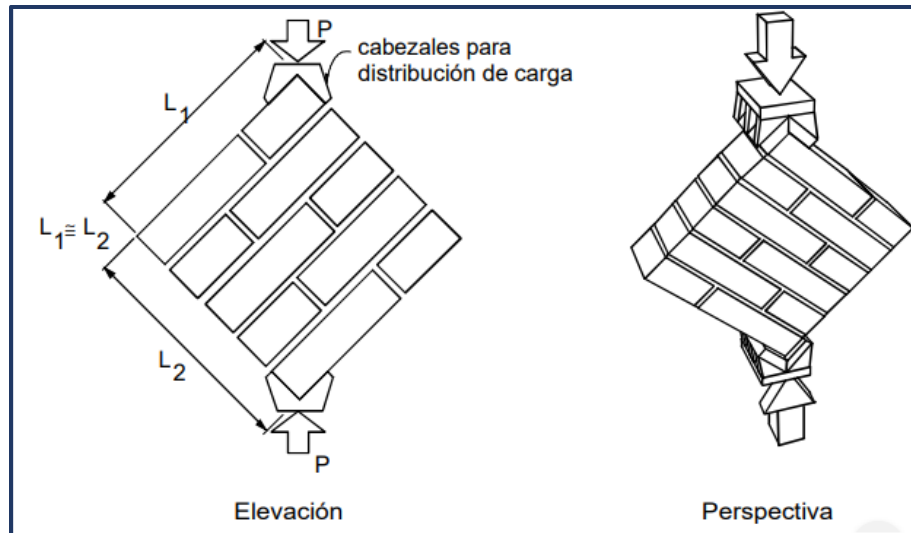


Figura 18: Ensayo de compresión diagonal

Fuente: (Miranda & Tena Colunga, 2003)

Miranda & Tena (2003) muestran los principales tipos de falla de la mampostería en un ensayo de compresión diagonal, siendo la Fig. 19a falla por unidades, que se ocurre cuando el agrietamiento diagonal atraviesa las unidades, Esto sucede cuando la resistencia a la tensión de las unidades es menor en relación con la resistencia de adherencia del mortero con las unidades. En la Fig. 19b se da la falla por juntas, donde el agrietamiento se produce en las juntas, produciéndose cuando la resistencia de las piezas es mayor en relación con la resistencia de adherencia del mortero con las piezas, ocurriendo el agrietamiento en el elemento débil que en este caso es la junta. Finalmente, en la Fig. 19c se da la falla mixta, que sucede cuando el esfuerzo resistente a la tensión de las piezas es semejante a la adherencia entre las unidades y mortero.

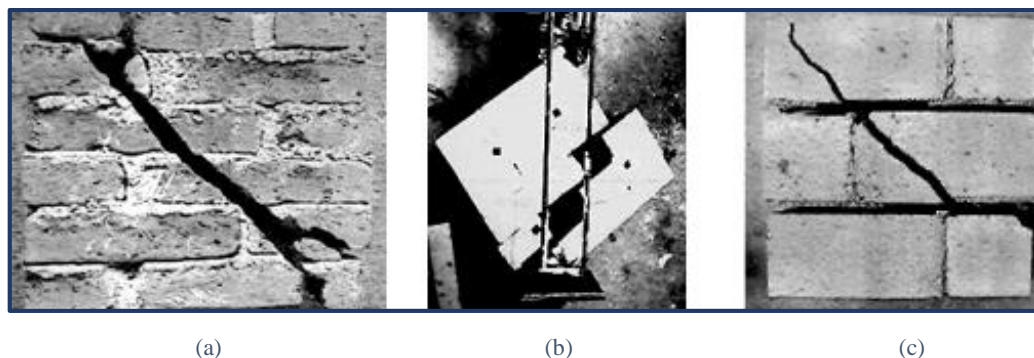


Figura 19: Modos de falla de ensayos de compresión diagonal

Fuente: (Meli, 1979)

II.2.5 Comportamiento sísmico observado en edificio

Alcocer (2003) menciona que los tipos de daño más comunes en estructuras de mampostería simple, señalando los modos de falla y las causas del daño son:

- Deslizamiento del sistema de piso/techo sobre los muros.
- Volteo de muros perimetrales.
- Agrietamiento inclinado, normalmente a lo largo de las diagonales.
- Daños locales severos debido a aberturas de gran tamaño, que disminuyen la capacidad sísmica.
- Caídas de parapetos producidos por una baja resistencia a la tensión fuera del plano.
- Daños por empujes de escaleras o rampas.
- Golpeteo con construcciones vecinas debido a una insuficiente separación.
- Falla de muros por excesiva esbeltez.
- Falta de continuidad en la altura, lo que provoca concentraciones de esfuerzos y deformaciones en ciertos elementos.
- Dinteles discontinuos que se traducen en un confinamiento inadecuado para mantener la capacidad sísmica a deformaciones laterales crecientes.
- Distribución inadecuada de muros en planta que origina oscilaciones de torsión importantes, así como demandas de deformación que se traducen en daño.
- Asentamientos diferenciales.

II.3 Definiciones Conceptuales

Albañilería o Mampostería: Material estructural compuesto por "unidades de albañilería" asentadas con mortero o por "unidades de albañilería" apiladas, en cuyo caso son integradas con concreto líquido.

Arriostre: Elemento de refuerzo (horizontal o vertical) o muro transversal que cumple la función de proveer estabilidad y resistencia a los muros portantes y no portantes sujetos a cargas perpendiculares a su plano.

Concreto Líquido o Grout: Concreto con o sin agregado grueso, de consistencia fluida.

Columna: Elemento de concreto armado diseñado y construido con el propósito de transmitir cargas horizontales y verticales a la cimentación. La columna puede funcionar simultáneamente como arriostre o como confinamiento.

Confinamiento: Conjunto de elementos de concreto armado, horizontales y verticales, cuya función es la de proveer ductilidad a un muro portante.

Espesor Efectivo: Es igual al espesor del muro sin tarrajeo u otros revestimientos descontando la profundidad de bruñas u otras indentaciones. Para el caso de los muros de albañilería armada parcialmente rellenos de concreto líquido, el espesor efectivo es igual al área neta de la sección transversal dividida entre la longitud del muro.

Muro Portante: Muro diseñado y construido en forma tal que pueda transmitir cargas horizontales y verticales de un nivel al nivel inferior o a la cimentación. Estos muros componen la estructura de un edificio de albañilería y deberán tener continuidad vertical.

Mortero: Material empleado para adherir horizontal y verticalmente a las unidades de albañilería.

Unidad de Albañilería: Ladrillos y bloques de arcilla cocida, de concreto de sílice-cal. Puede ser sólida, hueca, alveolar o tubular.

Viga Solera: Viga de concreto armado vaciado sobre el muro de albañilería para proveerle arriostre y confinamiento.

II.4 Hipótesis:

- Se presentará agrietamiento en el enlace muro-elemento de borde con relleno de grout cuando el esfuerzo en tracción (ft) supere el valor admisible de 3.00 Kg/cm², según lo establecido en la Norma E070.

II.5 Variables

II.5.1 Variable Independiente:

- Carga Lateral con peso propio del muro.
- Dimensión del elemento de borde.

II.5.2 Variable Dependiente:

- Esfuerzo en tracción por flexión.
- Resistencia a la compresión axial (f'_m) promedio obtenido.
- Resistencia al corte (v'_m) promedio obtenido.
- Rigidez lateral.

II.6 Operacionalización de las variables

Tabla 1: Operacionalización de variables.

VARIABLE	TIPO	UNIDAD DE MEDIDA	INSTRUMENTO DE MEDICION
Esfuerzo en tracción por flexión	Dependiente	Kgf/cm ²	Cálculos - Gabinete
Resistencia a la compresión axial	Dependiente	Kgf/cm ²	Lab. Materiales
Resistencia al corte	Dependiente	Kgf/cm ²	Lab. Materiales
Rigidez Lateral	Dependiente	Tonf/m	Cálculos - Gabinete
Carga Lateral	Independiente	Tonf	Instrumento de Medición
Dimensión del elemento de borde	Independiente	Metros	Wincha

Fuente: propia.

III.1 Tipo de investigación, enfoque y alcance o nivel

Investigación Experimental: Esta investigación es experimental ya que se requiere de actividades intencionales (uso de laboratorios) para obtener la información que se requiere. Tiene que ser realizado por los investigadores con el fin de llegar al objetivo propuesto.

III.2 Población y Muestra

No hay población ni muestra porque no es un método estadístico

III.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

- Observación.
- Ensayos de compresión axial y compresión diagonal en laboratorio.
- Experimentación usando el equipo de ensayo (Marco metálico + tecla).

❖ Datos Generales:

❖ Unidad de Albañilería:

- a) Denominación de la unidad: Bloque de concreto.
- b) Dimensiones: 39 x 19 x 09 cm.
- c) Peso: 10 Kg.



Figura 20: Bloques de concreto de 39 x 19 x 09 cm.

Fuente: propia.

d) Resistencia a la compresión de la unidad (fb):



Figura 21: Ensayo de compresión de la unidad.

Fuente: propia.



Figura 22: Falla de la unidad.

Fuente: propia.

Se realizó el ensayo de compresión de la unidad el laboratorio de la UPAO, obteniendo el promedio de 48.29 Kg/cm^2 que es cercano a lo que indica la NTP E070 (50 Kg/cm^2).

Tabla 2: Resultados del fb

Ensayo	P (Kgf)	Ag (cm ²)	fb (Kgf/cm ²)
#1	17322.6168	351	49.35
#2	16873.5168	351	48.07
#3	18009.5436	351	51.31
#4	15968.8967	351	45.50
#5	16581.6589	351	47.24
Promedio			48.29

Fuente: propia.

e) Resistencia a la compresión axial (f'_m):



Figura 23: Ensayo de compresión de pilas.

Fuente: Propia.



Figura 24: Falla de las pilas.

Fuente: Propia.

Se realizó el ensayo de pilas para obtener el valor de la resistencia a la compresión axial en el laboratorio de materiales de la UNT, siendo el resultado promedio de 60.16 Kg/cm², que es cercano a lo que indica la NTP E070 (74 Kg/cm²).

Tabla 3: Resultados del f_m

Ensayo	P (Kgf)	Ag (cm ²)	fb (Kgf/cm ²)
#1	18338.58	351	52.25
#2	20634.98	351	58.79
#3	22718.58	351	64.73
#4	21655.89	351	61.70
#5	22225.68	351	63.32
Promedio			60.16

Fuente: Propia.

f) Resistencia al cortante ($v'm$):

Se realizó el ensayo de compresión diagonal en el laboratorio de la UPAO para obtener el valor de la resistencia al cortante, sin embargo, la capacidad de fuerza del equipo era menor al de falla. Siendo el resultado de 6.25 Kg/cm².

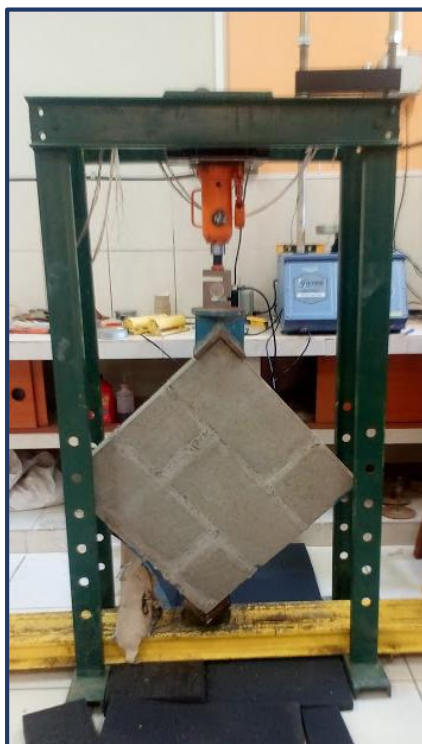


Figura 25: Ensayo de compresión diagonal laboratorio UPAO.

Fuente: propia.

Tabla 4: Resultado del $v'm$ en laboratorio de la UPAO

Ensayo	P (Kgf)	Ag (cm ²)	V'm (Kgf/cm ²)
#1	4500	720	6.25

Fuente: propia.

Al no poder obtener el valor de resistencia al cortante, se realizó tal ensayo en el laboratorio de materiales de la UNT. Se cortaron los muros con una amoladora en una dimensión de 39 x 39 cm ya que el equipo de compresión no tenía la altura adecuada para realizar el ensayo.



Figura 26: Ensayo de compresión diagonal.

Fuente: propia.

Obteniendo que, el valor de la resistencia a la cortante un promedio de 7.13 Kg/cm² que es cercano a lo que indica la NTP E070 (8.6 Kg/cm²).

Tabla 5: Resultado del $v'm$ en laboratorio de la UNT

Ensayo	P (Kgf)	Ag (cm ²)	V'm (Kgf/cm ²)
#1	3508.86	499.5	7.02
#2	3698.54	499.5	7.40
#3	3478.69	499.5	6.96
Promedio			7.13

Fuente: propia.

III.4 Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos

a) Elaboración de la base de concreto para el ensayo

Para asentar los bloques de concreto se construyó una base de concreto armado cuya forma varía de acuerdo a cada tipo de muro diseñado, lo cual sirvió para encimar el muro, así como un apoyo para la inclinación de este. En las figuras 27, 28 y 30 se observan las dimensiones de tales bases para cada prototipo de ensayo, indicando la parte donde sería la construcción del muro y del elemento de borde (E. B.).

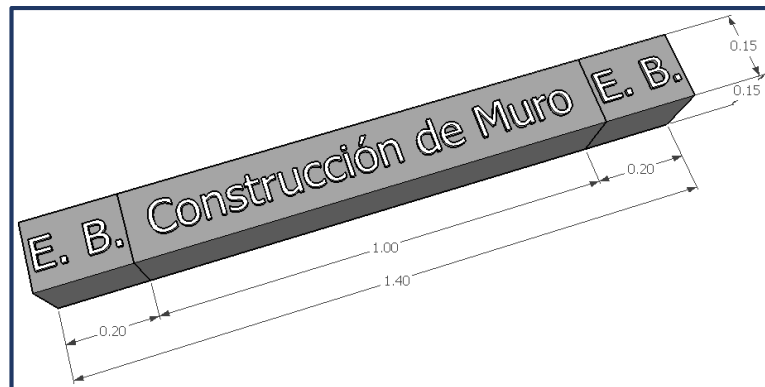


Figura 27: Dimensiones de la base de concreto para Tipo 1

Fuente: Propia.

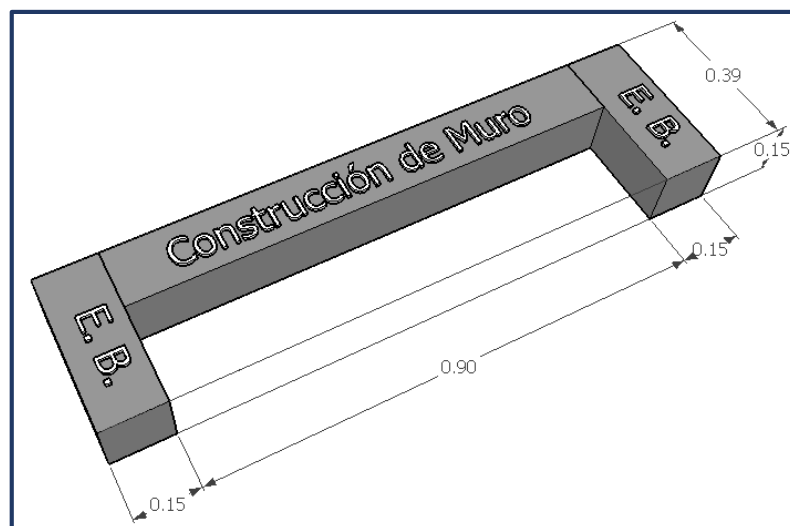


Figura 28: Dimensiones de la base de concreto para Tipo 2

Fuente: Propia.

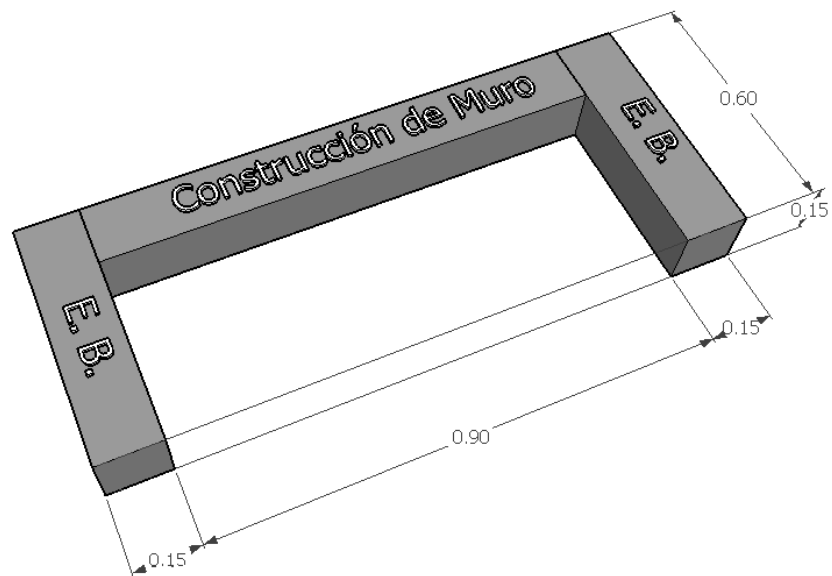


Figura 29: Dimensiones de la base de concreto para Tipo 3

Fuente: Propia.

Estas bases se construyeron con unas viguetas de 0.15 x 0.15 con 2 varillas de 3/8" y para los estribos se utilizó acero de 1/4" cada 10 cm. Después se realizó el vaciado de concreto con $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$.



Figura 30: Armado de los estribos de acero para las bases de concreto.

Fuente: Propia.



Figura 31: Bases de concreto realizadas de acuerdo a cada prototipo.

Fuente: Propia.

b) Mortero para el asentado de muros

En el Artículo 6.3 de la Norma E.070 clasifican al mortero en: tipo P, para la construcción de muros portantes; y NP, utilizado para muros no portantes.

En la Tabla N° 4 de la Norma E.070 se especifica las proporciones volumétricas del mortero según su clasificación.

En esta investigación utilizaremos una mezcla C: A de 1:5, ya que la Norma E.070 nos da un rango de C: A hasta 1:5 para el caso de muros portantes.



Figura 32: Mezcla de mortero.

Fuente: Propia.

c) **Grout para los elementos de borde**

Teniendo la dimensión menor del alvéolo mayor a 6 mm, se usó el grout grueso, de acuerdo a lo indicado en el Artículo 7 de la Norma E.070.



Figura 33: Relleno de grout en los elementos de borde.

Fuente: propia.

d) **Construcción de los prototipos de ensayo (Tipo 1, 2 y 3)**

Se construyeron 2 muestras por cada prototipo de ensayo con una altura igual de 2.05, teniendo como diferencia las dimensiones de su elemento de borde, siendo las siguientes:

Tipo 1: 0.20m x 0.09m (2 muestras).

Tipo 2: 0.09m x 0.39m (2 muestras).

Tipo 3: 0.09m x 0.60m (2 muestras).

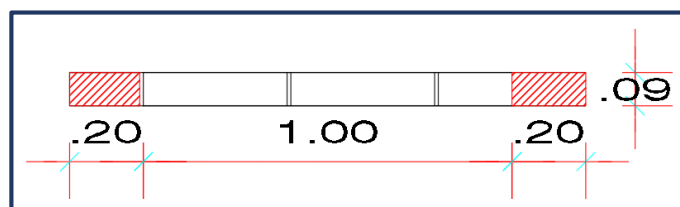


Figura 34: Esquema del Tipo 1 – Vista Planta

Fuente: Propia.

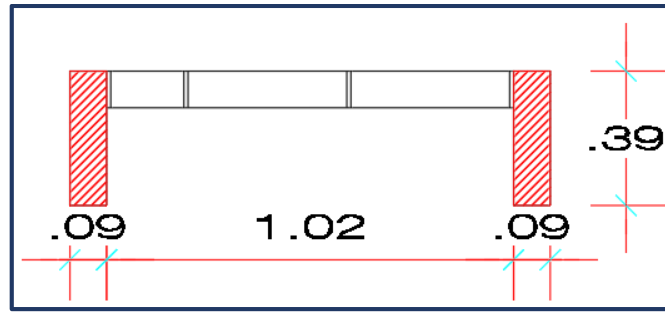


Figura 35: : Esquema del Tipo 2 – Vista Planta.

Fuente: Propia.

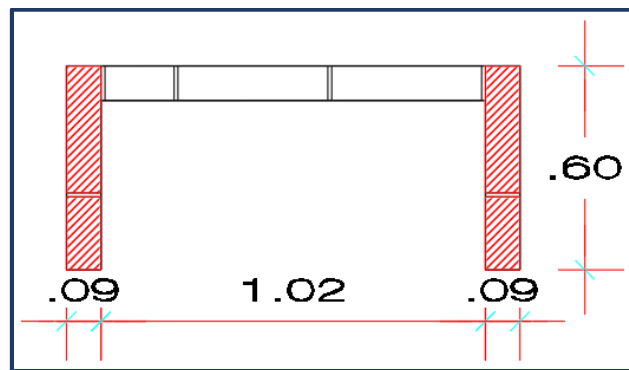


Figura 36: : Esquema del Tipo 3 – Vista Planta.

Fuente: Propia.

Para el asentado de la primera hilada se tuvo en cuenta que la base de concreto quedó rugosa y limpia. Todas las juntas horizontales y verticales quedarán completamente llenas de mortero, teniendo un espesor de aproximadamente de 12 mm.



Figura 37: Construcción de muro del Prototipo 2.

Fuente: propia.

En las fig. 38, 39 y 40 se muestran de forma gráfica de los muros indicando con un color más oscuro en los elementos de borde rellenos de grout, así como también se muestran los muros que se construyeron para el ensayo.

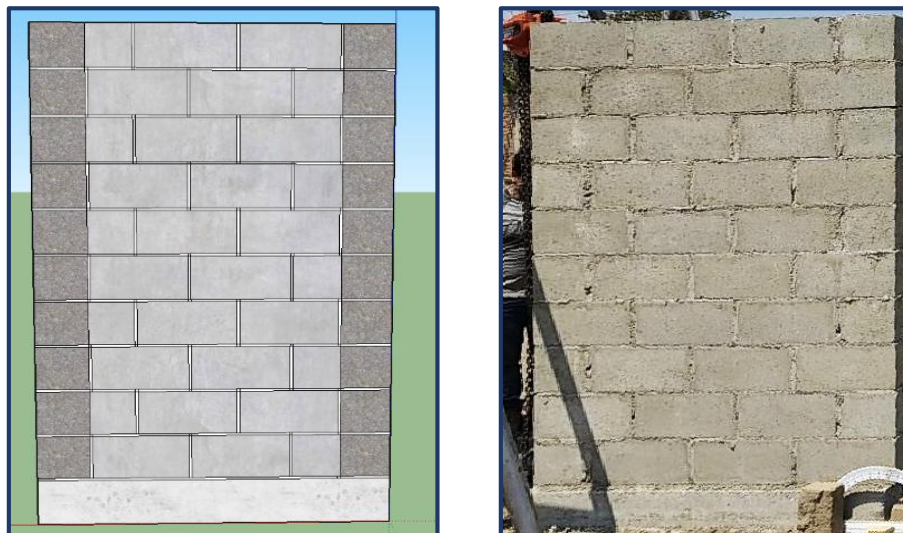


Figura 38: Esquema del Tipo 1 – Vista 3D y Vista real

Fuente: Propia.

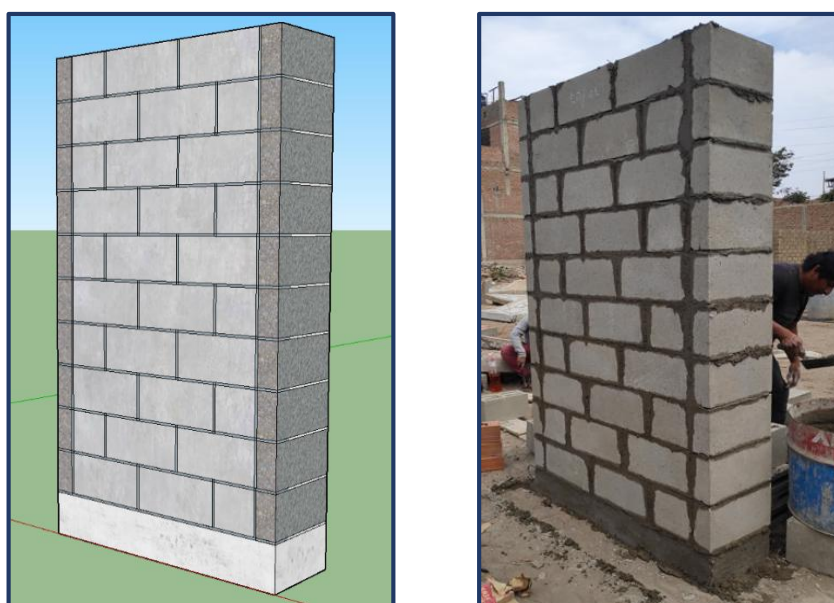


Figura 39: Esquema del Tipo 2 – Vista 3D y Vista real

Fuente: Propia.

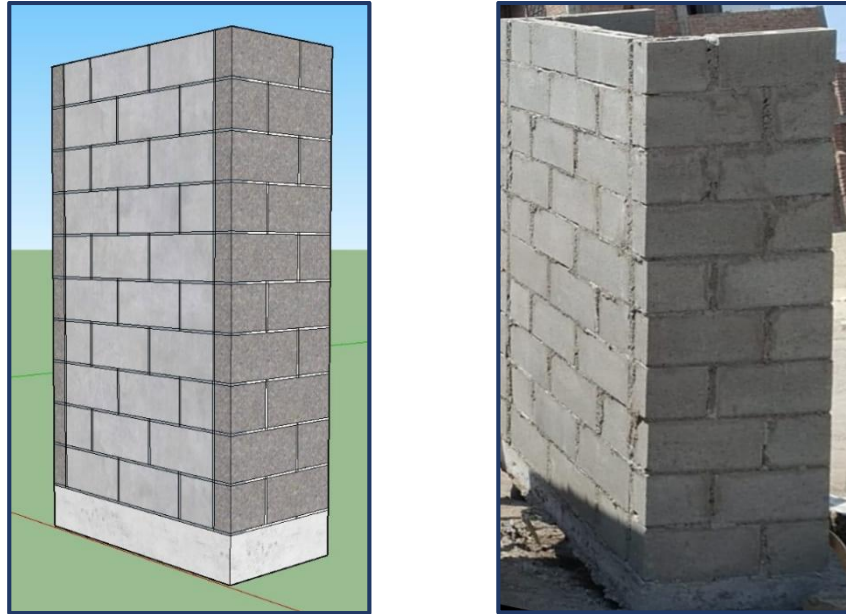


Figura 40: Esquema del Tipo 3 – Vista 3D y Vista real

Fuente: Propia.

e) Ensayo de volteo

Una vez pasados los 28 días para que alcance su resistencia característica, se procedió a colocar un marco metálico de 1.5 m x 2.5m sobre los muros construidos, y con ayuda de un tecele de 3ton se procedió a inclinarlo, en su lado longitudinal sujetado.

❖ Equipos e instrumentos:

- Pórtico Metálico.



Figura 41: Pórtico Metálico.

Fuente: Propia.

- Tecle 3 ton.



Figura 42: Tecle 3 ton.

Fuente: propia.

- Transportador de madera.



Figura 43: Transportador de madera.

Fuente: propia.

❖ **Procedimiento:**

- a) Se colocó tecle en medio del pórtico metálico.



Figura 44: Colocación de tecla en el pórtico.

Fuente: propia.

- b)** Se movió el pórtico metálico al eje del muro, con el fin de levantarlo, como se muestra en la figura 45 y 46.



Figura 45: Pórtico ubicado sobre eje de muro.

Fuente: propia.

- c) Se enganchó la cadena del tecle en la base de concreto, lo que permitió levantar progresivamente la estructura.



Figura 46: Enganche del tecle al gancho del muro.

Fuente: propia.

- d) Se colocó el transportador de madera en el extremo de muro opuesto del pórtico, ubicando el ángulo de 90 grados alineado con el borde del muro.



Figura 47: Ubicación del transportador de madera antes de inclinar el muro.

Fuente: propia.

- e) Mientras se iba levantando el muro, se grababa para tener la medida del ángulo, hasta su colapso.



Figura 48: Grabación del ángulo de inclinación hasta el colapso del muro.

Fuente: propia.



Figura 49: Colapso del prototipo 2.

Fuente: propia.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

IV.1 Análisis

Una vez realizados los 6 ensayos, con los datos obtenidos, se procedió a realizar los cálculos matemáticos para determinar las solicitaciones presentadas en los 3 prototipos de muros.

IV.1.1 Determinación del peso del muro.

En las tablas 7, 8 y 9 se muestra el cálculo realizado para obtener el peso propio de cada prototipo.

Tabla 6: Cálculo del peso propio del prototipo 1.

Prototipo 1	Descripción	Largo	Ancho	Alto	P.E (Kg/m ²)	PESO (Kg)
	Base	1.4	0.15	0.15	2400	75.6
	Muro	1	0.09	2.05	1900	350.55
	E.B.	0.4	0.09	2.05	2000	147.6
Σ						573.75

Fuente: propia.

Tabla 7: Cálculo del peso propio del prototipo 2.

Prototipo 2	Descripción	Largo	Ancho	Alto	P.E	PESO (Kg)
	Base	1.8	0.15	0.15	2400	97.2
	Muro	1.02	0.09	2.05	1900	357.561
	E.B.	0.78	0.09	2.05	2000	287.82
Σ						742.581

Fuente: propia.

Tabla 8: Cálculo del peso propio del prototipo 3.

Prototipo 3	Descripción	Largo	Ancho	Alto	P.E	PESO (Kg)
	Base	2.2	0.15	0.15	2400	118.8
	Muro	1.02	0.09	2.05	1900	357.561
	E.B.	1.2	0.09	2.05	2000	442.8
Σ						919.161

Fuente: propia.

IV.1.2 Determinación del ángulo de inclinación y la Fuerza Lateral.

El ángulo “ α ” se obtuvo proyectando el lado extremo del muro en el transportador de madera, para poder obtener la fuerza lateral y con ello el Momento de volteo.

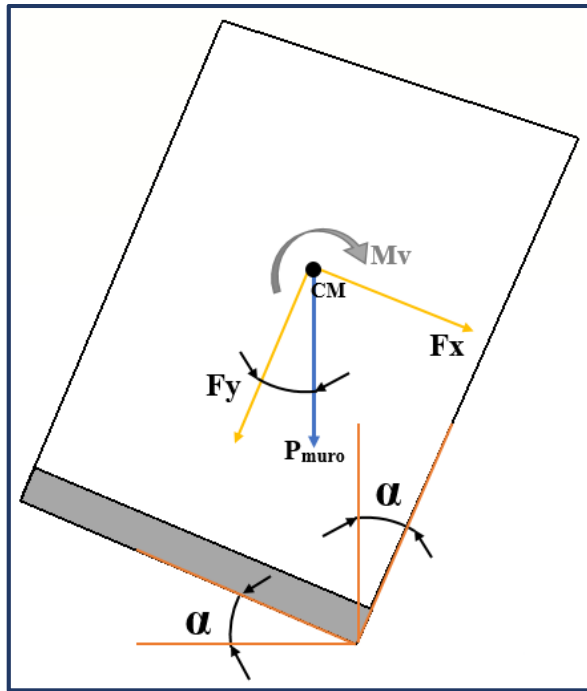


Figura 50: Esquema del ángulo “ α ” proyectado.

Fuente: propia.



Figura 51: Determinación del ángulo “ α ” en campo.

Fuente: propia.

Mostrándose también gráficamente y observando que el muro con mayor arriostre presenta un mayor ángulo de inclinación.

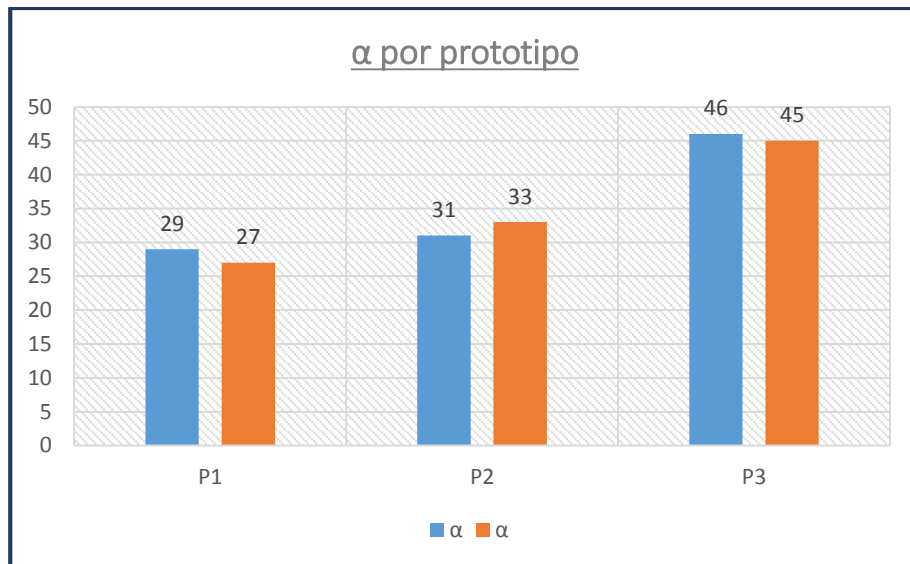


Gráfico 1: Ángulos por cada prototipo.

Fuente: propia.

Los ángulos obtenidos promedio obtenidos de los ensayos son los siguientes:

Tabla 9: Ángulos promedio por cada prototipo.

Muros	α
P1	28
P2	32
P3	45.5

Fuente: propia.

Luego, para obtener la fuerza lateral (F_x) con la que la estructura colapsa, se utilizó la siguiente fórmula:

$$F_x = P_{\text{muro}} \times \sin \alpha$$

Donde se observa en la Tabla 11 que a mayor arriostre se presentará un incremento en su fuerza lateral.

Tabla 10: Determinación de las Fuerzas laterales

Muros	Ángulo	P_{muro} (Kg)	F_x (Kg)
P1 - Muro1	29	573.75	278.16
P1 - Muro2	27	573.75	260.48
P2 - Muro1	31	742.581	382.46
P2 - Muro2	33	742.581	404.44
P3 - Muro1	46	919.161	661.19
P3 - Muro2	45	919.161	649.94

Fuente: propia.

IV.1.3 Cálculo del momento de volteo

Después de haber obtenido la fuerza lateral de cada prototipo, se calculó el momento de volteo, multiplicando F_x por su brazo palanca, que se obtuvo del centro de masa de cada prototipo en la dirección “Z”.

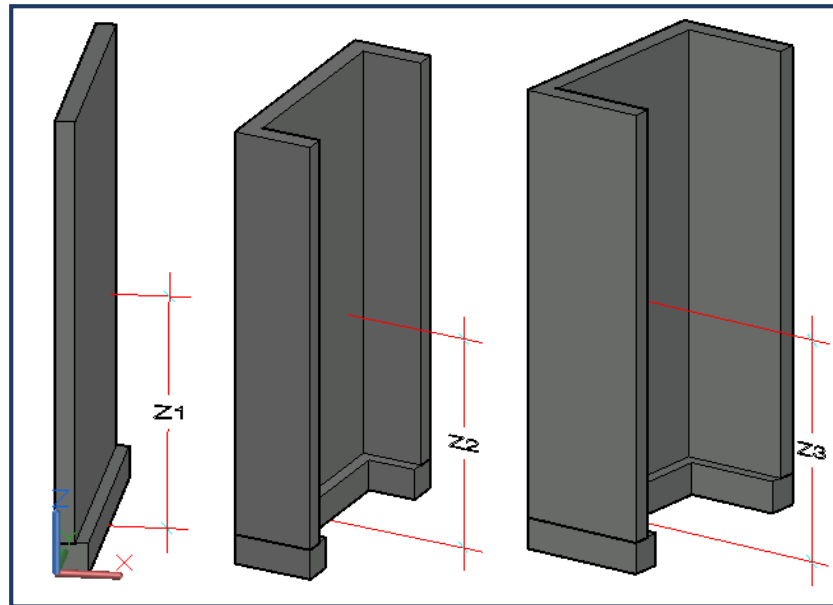


Figura 52: Brazos palanca de cada prototipo.

Fuente: propia.

En la tabla 12, se muestran los valores de la distancia al centro de masa de cada prototipo en el eje Z.

Tabla 11: Brazos palanca de los prototipos.

Muros	Z
P1	1.0554
P2	1.0626
P3	1.0612

Fuente: propia.

Entonces, el Momento de volteo para cada prototipo se calculó de la siguiente manera:

$$Mv = Fx \times Z$$

En el gráfico 2 se presentan los valores del Momento de volteo para cada muro, mostrando que a mayor arriostre, el momento también será mayor.

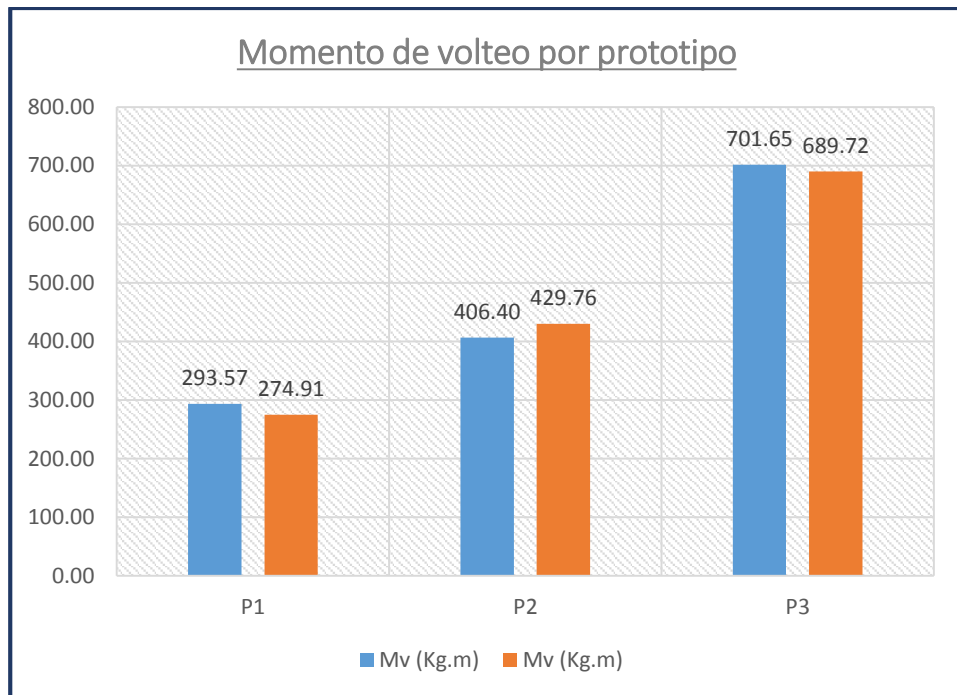


Gráfico 2: Momento de volteo por cada prototipo.

Fuente: propia.

El momento de volteo promedio obtenidos mediante los cálculos mencionados anteriormente son los siguientes:

Tabla 12: Momento de volteo promedio por cada prototipo.

Muros	Mv (Kg.m)
P1	284.24
P2	418.08
P3	695.69

Fuente: propia.

IV.1.4 Cálculo del esfuerzo del muro

Para obtener el esfuerzo utilizamos la siguiente fórmula:

$$\sigma = \frac{Mc}{I}$$

Siendo:

M: Momento de volteo.

c: Distancia perpendicular desde la fibra más externa al eje neutro

I: Momento de inercia.

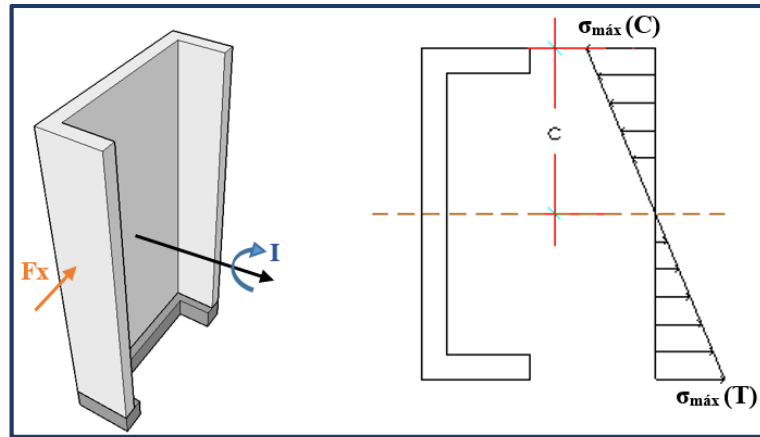


Figura 53: Esquema para obtener el esfuerzo máximo en compresión.

Fuente: propia.

En la tabla 14 se muestran los esfuerzos obtenidos por cada muro de acuerdo a la fórmula y esquema presentados anteriormente.

Tabla 13: Cálculo del esfuerzo del muro.

Muros	Mv (Kg.m)	c (m)	I (m ⁴)	σ (Kg/m ²)
P1 - Muro1	289.79	0.7	0.0206	9975.66
P1 - Muro2	271.37	0.7	0.0206	9341.52
P2 - Muro1	398.52	0.6	0.0296	8237.82
P2 - Muro2	421.43	0.6	0.0296	8711.28
P3 - Muro1	679.40	0.6	0.0413	10193.52
P3 - Muro2	667.85	0.6	0.0413	10020.17

Fuente: propia.

Observándose gráficamente que el prototipo 2 es el que genera menos esfuerzo en comparación con los demás.

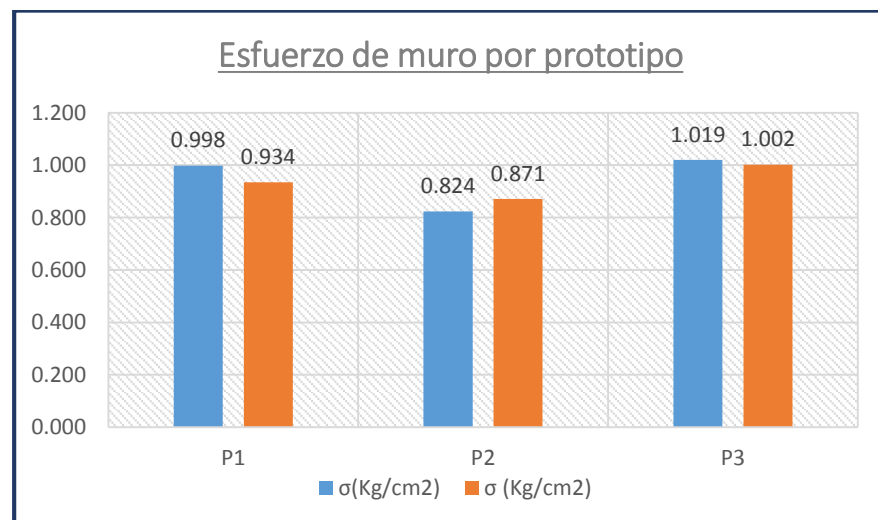


Gráfico 3: Esfuerzo de muro por prototipo.

Fuente: propia.

Obteniendo simplemente el promedio del esfuerzo de cada prototipo que es de vital importancia en esta investigación.

Tabla 14: Esfuerzo promedio por prototipo.

Muros	σ (Kg/cm ²)
P1	0.966
P2	0.847
P3	1.011

Fuente: propia.

IV.2 Contrastación y prueba de la hipótesis:

Se presentó fisuras leves en las esquinas superiores de los muros y posteriormente pérdida de estabilidad de ellos, sin alcanzar el valor de esfuerzo propuesto en la hipótesis (3.00 Kg/cm²), sin embargo, se pudo determinar, qué prototipo de muros y su elemento de borde relleno de grout, mostraba mejor comportamiento y generaba menores esfuerzos.

Se estableció denominar factores de forma a la relación entre el muro y su elemento de borde (E. B.) con el fin obtener relaciones óptimas de acuerdo a los esfuerzos obtenidos, que serán indispensables para calcular las dimensiones ideales de los elementos de borde de acuerdo a cualquier muro propuesto para que tenga un mejor comportamiento frente a cargas laterales.

Estos factores k_1 , k_2 y k_3 de los prototipos, los cuales están definidos por las relaciones de las medidas del elemento de borde entre la longitud del muro, para ello debemos tener claro las dimensiones de a , b y L . Tomando en consideración el eje del muro, tenemos la siguiente leyenda.

Leyenda:

EB = Elemento de Borde.

a = Dimensión longitudinal del EB.

b = Dimensión transversal del EB.

L = Longitud del muro (sin el EB).

k = Factor de forma (relación entre el muro y su EB).

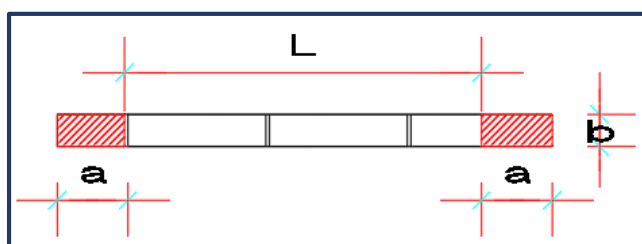


Figura 54: Dimensiones de a , b y L del prototipo 1.

Fuente: propia.

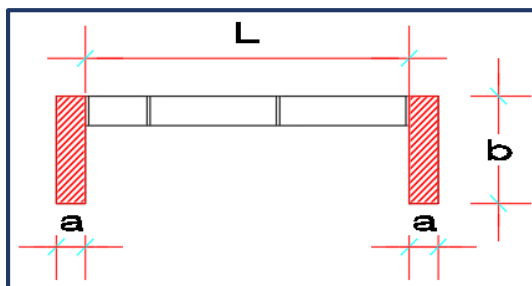


Figura 55: Dimensiones de a, b y L del prototipo 2.

Fuente: propia.

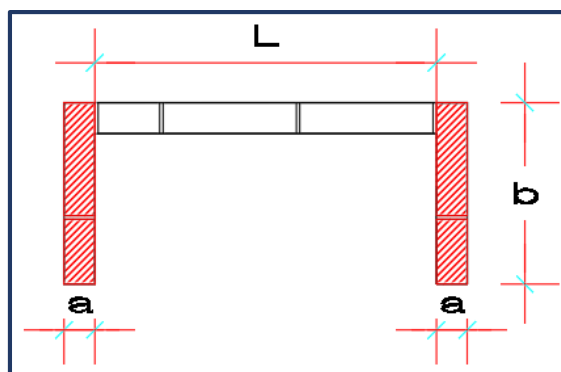


Figura 56: Dimensiones de a, b y L del prototipo 2.

Fuente: propia.

El factor k_1 corresponde a relación la dimensión longitudinal del EB (b) y la longitud del muro (L). Siendo, $k_1 = b/L$, obteniéndose lo siguiente.

Tabla 15: Factor k_1 y esfuerzo promedio de los muros

Muros	K_1	σ (Kg.cm ²)
P1	0.0176	0.9659
P2	0.0344	0.8475
P3	0.0529	1.0107

Fuente: propia.

Gráficamente se puede observar que, el factor k_1 al ser mayor y menor a 0.3824 presenta un esfuerzo mayor.

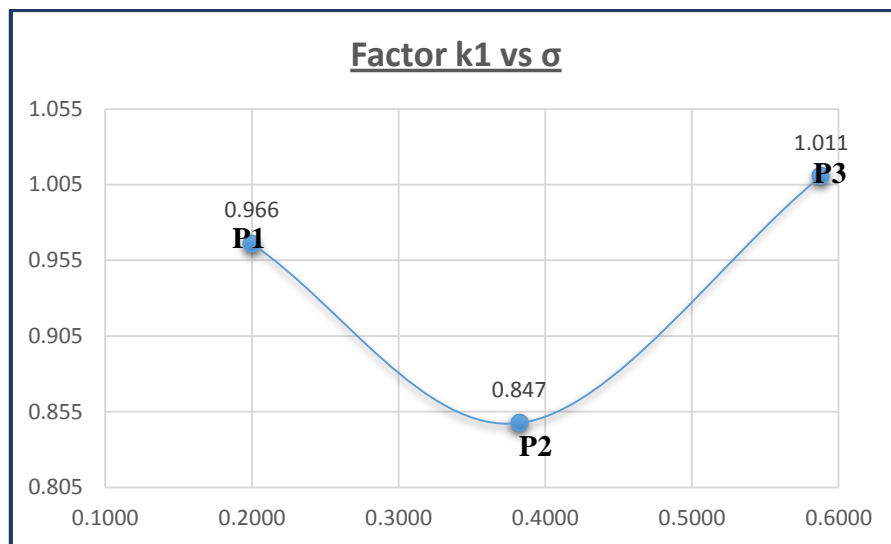


Gráfico 4: Factor k_1 vs esfuerzo promedio de los muros.

Fuente: propia.

El factor k_2 corresponde a la relación entre la sección transversal del EB y la longitud del muro (L). Siendo, $k_2 = a * b / L$, obteniéndose lo siguiente:

Tabla 16: Factor k_2 y esfuerzo promedio de los muros

Muros	área/L	σ (Kg.cm2)
P1	0.0176	0.9659
P2	0.0344	0.8475
P3	0.0529	1.0107

Gráficamente se puede observar que, el factor k_2 al ser mayor y menor a 0.0344 presenta un esfuerzo mayor-

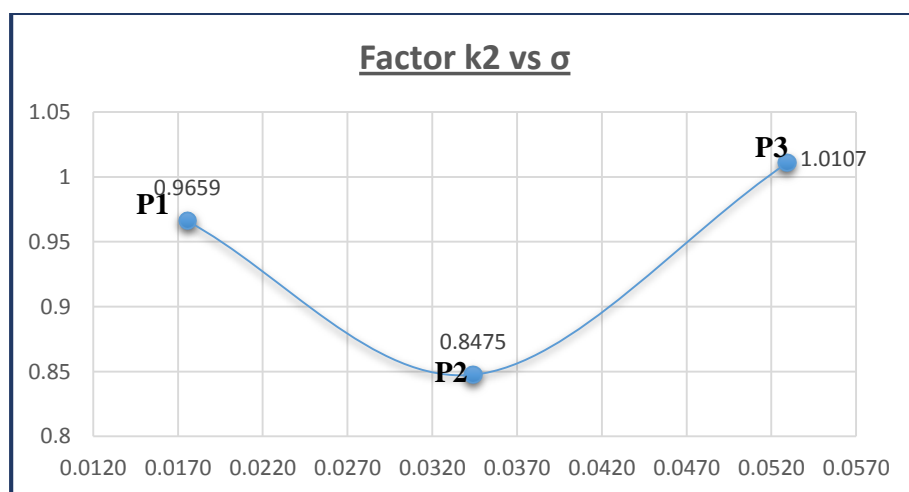


Gráfico 5: Factor k_2 vs esfuerzo promedio de los muros.

Fuente: propia.

El factor k_3 corresponde a la relación entre el Peso del EB y el Peso del muro. Siendo, $k_3 = \text{Peso E.B.} / \text{Peso Muro}$, considerando los siguientes pesos específicos (PE):

$$P. E._{\text{muro}} = 1.80 \text{ ton/m}^2$$

$$P. E._{\text{E.B.}} = 2.00 \text{ ton/m}^2$$

$$\text{Peso Muro} = \text{Long} * \text{espesor} * \text{altura} * P. E._{\text{muro}}$$

$$\text{Peso E.B.} = (a * b * \text{altura} * P. E._{\text{E.B.}}) * 2$$

En la tabla 18 se muestran los valores obtenidos de acuerdo a los datos requeridos:

Tabla 17: Factor k_3 y esfuerzo promedio de los muros

Muros	k_3	σ (Kg.cm ²)
P1	0.4005	0.966
P2	0.7853	0.847
P3	1.2082	1.011

Fuente: propia.

Gráficamente se puede observar que, el factor k_3 al ser mayor y menor a 0.7853 presenta un esfuerzo mayor.

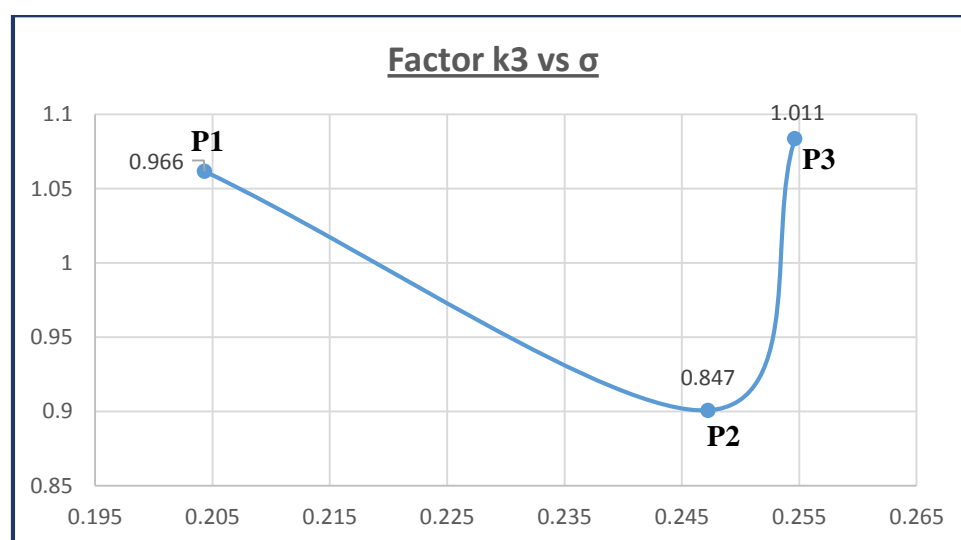


Gráfico 6: Factor k_3 vs esfuerzo promedio de los muros.

Fuente: propia.

Aparte de los prototipos iniciales planteados, se propone un nuevo prototipo, denominado “prototipo en L” por la forma de los elementos de borde, que será evaluado posteriormente mediante ejemplos reales. Teniendo en cuenta que:

- a = Dimensión longitudinal (espesor) del EB perpendicular al muro.
- b = Dimensión transversal del EB.
- c = Dimensión longitudinal del EB (sin incluir “a”).
- L = Longitud total del muro (incluye el EB).

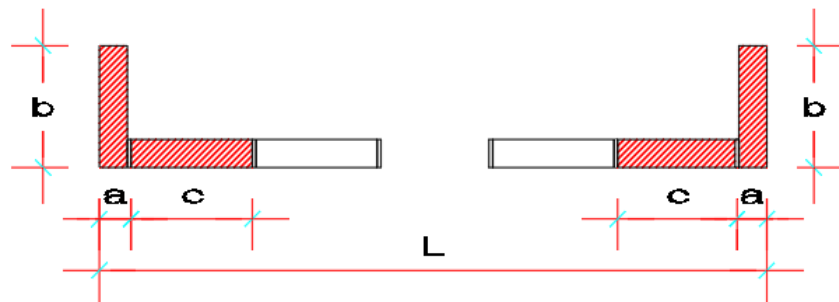


Figura 57: Esquema de propuesta, prototipo en L

Cabe recalcar que la dimensión de b y c se propone que sean las mismas.

Adicionalmente, se comprobó que la resistencia a la cortante de cada prototipo con respecto a lo obtenido en los ensayos. Primero, se obtuvo la fuerza diagonal de cada prototipo de acuerdo a lo esquematizado en la Fig. 57 y usando la siguiente fórmula:

$$F_{diag} = Pm \times \cos \varphi$$

Y para obtener la resistencia a la cortante de cada prototipo se hizo uso de la siguiente fórmula:

$$v'm = \frac{F_{diag}}{Lt}$$

Siendo L, la longitud de la diagonal del muro y t, su espesor.

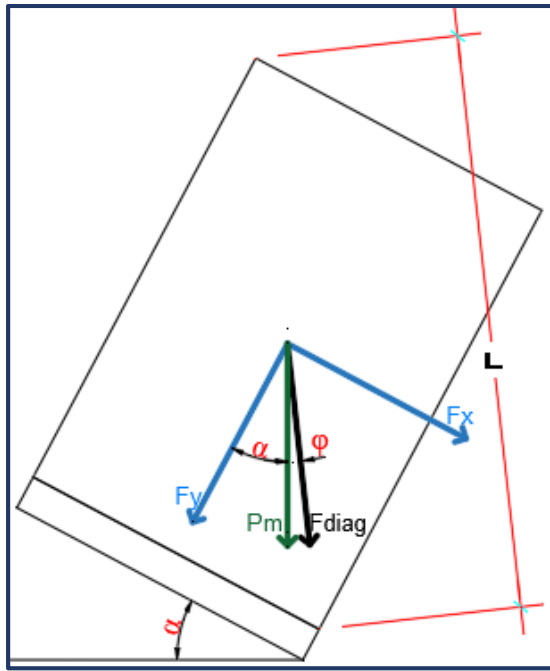


Figura 58: Esquema para cálculo de la Fdiag de muro.

Fuente: propia.

Reemplazando los valores en cada fórmula presentada anteriormente, en la tabla 19 se muestran los resultados.

Tabla 18: Cálculo de la resistencia al cortante de los prototipos.

Muros	P (Kgf)	φ	Fdiag (Kgf)	Lt (cm ²)	v'm (Kgf/cm ²)
P1	566.37	6	563.267366	2232	0.252
P2	728.19	2.07	727.714815	2133	0.341
P3	890.01	15.57	857.349517	2133	0.402

Fuente: propia.

Comprobando que, en todos los casos el v'm resulta menor que el v'm promedio obtenido de los ensayos de compresión diagonal en laboratorio que fue de 7.13Kgf/cm².

CAPÍTULO V DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Las propiedades de las unidades (peso, medidas, f'_b , f'_m y V'_m) fueron ensayadas mediante el uso del laboratorio, para obtener datos reales, corroborando que son valores cercanos a lo que nos indica la NTP E.070.

La elaboración de los prototipos fue estrictamente supervisada para garantizar un buen proceso constructivo y evitar incertidumbres. Se tomaron valores sacados de la norma E0.70, para la proporción agua/cemento, así como las dimensiones de las juntas (1-1.5cm).

Se realizó el ensayo mediante un pórtico de carga, obteniéndose los ángulos de inclinación hasta que el muro colapsó. Posteriormente se procesaron dichos datos, obteniéndose los momentos y esfuerzos generados en cada muro. Siendo:

Tabla 19: Resumen de momento de volteo y esfuerzo por prototipo

Muros	Mv (Kg.m)	σ (Kg.cm ²)
P1	284.24	0.966
P2	418.08	0.847
P3	695.69	1.011

Fuente: propia.

Se procedió a calcular los factores de forma k_1 , k_2 y k_3 para cada muro, y se evaluó con los esfuerzos en cada uno.

Con la ayuda de gráficos se determinó los valores de k_1 , k_2 k_3 que presentan mejor comportamiento y menores solicitaciones, que son:

$k_1=0.3824$, que corresponde a la relación de la dimensión “b” del elemento de borde y la longitud del muro, es decir: $k_1 = b / L$.

$k_2=0.0344$, que corresponde a la relación del área ($a*b$) del elemento de borde y la longitud del muro, es decir: $k_2 = \text{Área} / L$.

$k_3=0.7853$, que corresponde a la relación del peso del elemento de borde y el peso del muro, es decir: $k_3 = \text{Peso}_{E.B.} / \text{Peso}_{\text{muro}}$.

A continuación, se analizó algunos ejemplos de muros de mampostería de concreto vibrado encontrados actualmente.

CASO 1:



Figura 59: Muro de mampostería de concreto sin elementos de borde, o confinamiento – Ciudad de Ilo-Moquegua.

Fuente: propia.

Como podemos observar, el muro presenta agrietamientos a lo largo del eje vertical. El paño tiene una longitud de 5m, 0.09m de espesor y una altura de 1.80m. El muro no cuenta con ningún confinamiento ni elemento de borde.

Utilizando los valores de k_1 , k_2 y k_3 determinados en la presente investigación se hará una propuesta de elemento de borde con unidades rellenas de grout.

Para el dimensionamiento de los elementos de borde, se sigue un proceso iterativo, donde se asume una dimensión (“a” para el Prototipo 1 y “b” para el Prototipo 2 y 3), luego se procede a evaluar si dicho valor satisface los valores de los factores k .

Utilizando el modelo del prototipo 1:

Tabla 20: Iteraciones para el cálculo del “a” adecuado para prototipo 1 – CASO 1.

Iteración	Factores			L total (m)	a	L (m)	"a" aplicando los K.			K _{prom}
	k1	k2	k3				k1	k2	k3	
1	0.3824	0.0344	0.7853	5	0.6	3.80	1.45	1.45	1.34	1.42
2	0.3824	0.0344	0.7853	5	1.42	2.17	0.83	0.83	0.77	0.81
3	0.3824	0.0344	0.7853	5	0.81	3.38	1.29	1.29	1.20	1.26
4	0.3824	0.0344	0.7853	5	1.26	2.48	0.95	0.95	0.88	0.92
5	0.3824	0.0344	0.7853	5	0.92	3.15	1.21	1.21	1.11	1.18
6	0.3824	0.0344	0.7853	5	1.18	2.65	1.01	1.01	0.94	0.99
7	0.3824	0.0344	0.7853	5	0.99	3.03	1.16	1.16	1.07	1.13
8	0.3824	0.0344	0.7853	5	1.13	2.75	1.05	1.05	0.97	1.02
9	0.3824	0.0344	0.7853	5	1.02	2.95	1.13	1.13	1.04	1.10
10	0.3824	0.0344	0.7853	5	1.10	2.80	1.07	1.07	0.99	1.04
11	0.3824	0.0344	0.7853	5	1.04	2.91	1.11	1.11	1.03	1.09
12	0.3824	0.0344	0.7853	5	1.09	2.83	1.08	1.08	1.00	1.05
13	0.3824	0.0344	0.7853	5	1.05	2.89	1.11	1.11	1.02	1.08
14	0.3824	0.0344	0.7853	5	1.08	2.84	1.09	1.09	1.01	1.06

Fuente: propia.

Tomaremos entonces las siguientes medidas para el elemento de borde:

$$a = 1.07 \text{ m}$$

$$b = 0.09 \text{ m}$$

Por lo tanto, tenemos una dimensión “a” de aproximadamente 1.00 m, por lo que el elemento de borde sería de 2.5 bloques de concreto relleno de grout, quedando de la siguiente manera.

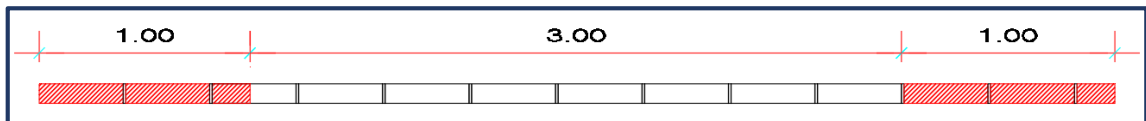


Figura 60: Esquema de la propuesta utilizando el modelo del Prototipo 1 – CASO 1.

Fuente: propia.

Utilizando el modelo del prototipo 2 y 3:

21: Cálculo de “b” para prototipo 2 y 3 – CASO 1.

Tabla Factores			L total (m)	b	L (m)	"b" aplicando los K.			K _{prom}
k1	k2	k3				k1	k2	k3	
0.3824	0.0344	0.7853	5	0.09	4.82	1.84	1.84	1.70	1.80

Fuente: propia.

Tomaremos entonces las siguientes medidas para el elemento de borde:

$$a = 0.09 \text{ m}$$

$$b = 1.80 \text{ m}$$

Por lo tanto, tenemos una dimensión “b” de 1.8 m, por lo que el elemento de borde sería de 4.5 bloques de concreto relleno de grout, quedando de la siguiente manera.

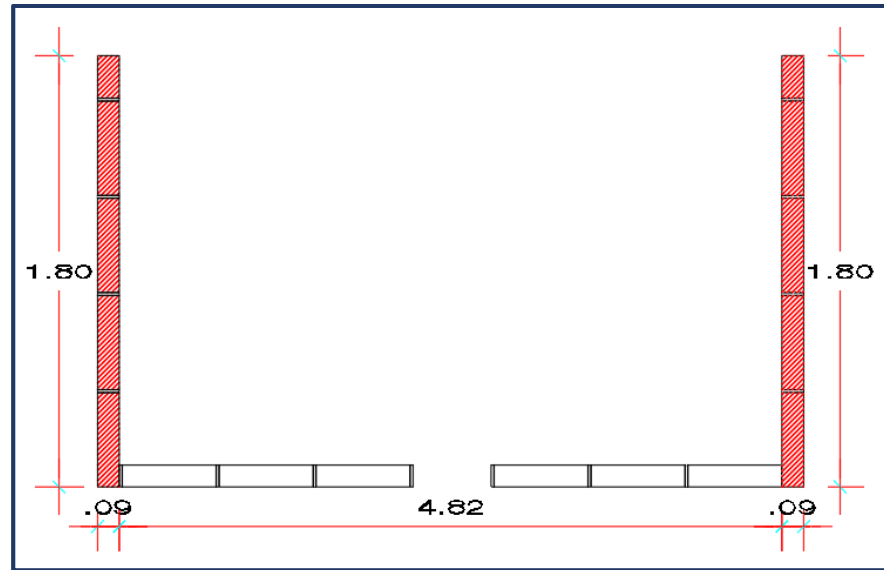


Figura 61: Esquema de la propuesta utilizando el modelo del Prototipo 2 y 3 – CASO 1.

Fuente: propia.

Como se puede observar en la Fig. 60, las medidas del elemento de borde salen muy altas, por lo cual se planteó un tercer tipo de prototipo, con elemento de borde en las dos direcciones, en forma de L.

Utilizando el modelo del prototipo en L (propuesto):

Tabla 22: Iteraciones para el cálculo del “b” y “c” adecuado para prototipo en L – CASO 1

Iteración	Factores			L total (m)	c	b + c	L (m)	"b+c" aplicando los K.			b + c prom
	k1	k2	k3					k1	k2	k3	
1	0.3824	0.0344	0.7853	5	0.60	1.20	3.62	1.38	1.38	1.28	1.35
2	0.3824	0.0344	0.7853	5	0.67	1.35	3.47	1.33	1.33	1.23	1.29
3	0.3824	0.0344	0.7853	5	0.65	1.29	3.53	1.35	1.35	1.25	1.31
4	0.3824	0.0344	0.7853	5	0.66	1.31	3.51	1.34	1.34	1.24	1.31

Fuente: propia.

Tomaremos entonces las siguientes medidas para el elemento de borde:

$$a = 0.09 \text{ m}$$

$$b \text{ y } c = 0.66$$

Por lo tanto, tenemos una dimensión “b” y “c” de aproximadamente 0.60 m, por lo que el elemento de borde sería de aproximadamente 1.5 bloques de concreto relleno de grout, quedando de la siguiente manera.

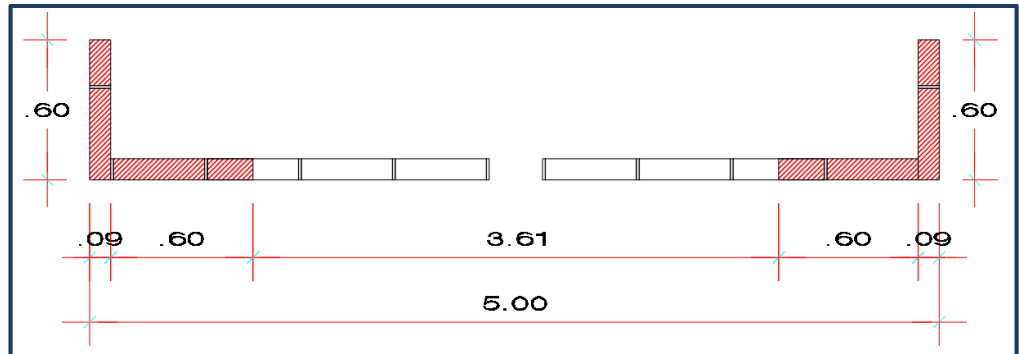


Figura 62: Esquema de la propuesta utilizando el modelo del Prototipo en L – CASO 1.

Fuente: propia.

Se recomienda utilizar la configuración del prototipo L, ya que presentó resultados coherentes en cuanto a las dimensiones del elemento de borde para satisfacer la longitud requerida y una menor dimensión. Además, al ser un elemento de borde en 2 sentidos, también aportaría al muro transversal.

CASO 2:



Figura 63: : Muro perimetral de mampostería de concreto sin elementos de borde, o confinamiento –

Ciudad de Ilo-Moquegua.

Fuente: propia.

En la imagen podemos observar un muro perimetral de mampostería de concreto sin elemento de borde, y sin ningún tipo de confinamiento. El muro tiene una altura de 2.20m, espesor de 0.11m y longitud de 12m por paño.

Seguiremos el mismo procedimiento que en el ejemplo anterior, para hacer una recomendación de dimensiones de elementos de borde.

Utilizando el modelo del prototipo 1:

Tabla 23: Iteraciones para el cálculo del “a” adecuado para prototipo 1 – CASO 2.

Iteración	Factores			L _{total} (m)	a	L (m)	"a" aplicando los K.			K _{prom}
	k1	k2	k3				k1	k2	k3	
1	0.3824	0.0344	0.7853	12	2	8.00	3.06	2.50	2.83	2.80
2	0.3824	0.0344	0.7853	12	2.80	6.41	2.45	2.00	2.26	2.24
3	0.3824	0.0344	0.7853	12	2.24	7.52	2.88	2.35	2.66	2.63
4	0.3824	0.0344	0.7853	12	2.63	6.74	2.58	2.11	2.38	2.36
5	0.3824	0.0344	0.7853	12	2.36	7.29	2.79	2.28	2.58	2.55
6	0.3824	0.0344	0.7853	12	2.55	6.91	2.64	2.16	2.44	2.41
7	0.3824	0.0344	0.7853	12	2.41	7.17	2.74	2.24	2.53	2.51
8	0.3824	0.0344	0.7853	12	2.51	6.99	2.67	2.19	2.47	2.44
9	0.3824	0.0344	0.7853	12	2.44	7.12	2.72	2.23	2.51	2.49
10	0.3824	0.0344	0.7853	12	2.49	7.03	2.69	2.20	2.48	2.46
11	0.3824	0.0344	0.7853	12	2.46	7.09	2.71	2.22	2.51	2.48
12	0.3824	0.0344	0.7853	12	2.48	7.04	2.69	2.20	2.49	2.46
13	0.3824	0.0344	0.7853	12	2.46	7.08	2.71	2.21	2.50	2.47
14	0.3824	0.0344	0.7853	12	2.47	7.05	2.70	2.21	2.49	2.47

Fuente: propia.

Tomaremos entonces las siguientes medidas para el elemento de borde:

$$a = 2.47 \text{ m}$$

$$b = 0.11 \text{ m}$$

Por lo tanto, tenemos una dimensión “a” de aproximadamente 2.5 m, por lo que el elemento de borde sería de 6 bloques de concreto relleno de grout, quedando de la siguiente manera.

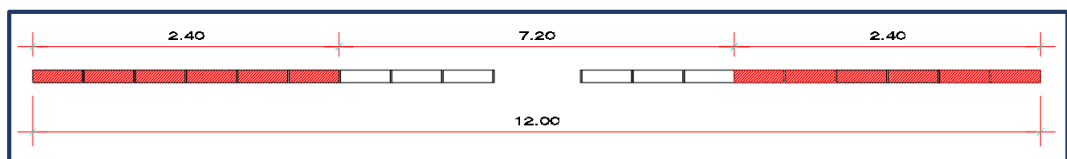


Figura 64: Esquema de la propuesta utilizando el modelo del Prototipo 1 – CASO 2.

Fuente: propia.

Utilizando el modelo del prototipo 2 y 3:

Tabla 24: Cálculo de "b" para prototipo 2 y 3 – CASO 2.

Factores			L total (m)	b	L (m)	"b" aplicando los K.			K _{prom}
k1	k2	k3				k1	k2	k3	
0.3824	0.0344	0.7853	12	0.11	11.82	4.52	3.70	4.18	4.13

Fuente: propia.

Tomaremos entonces las siguientes medidas para el elemento de borde:

$$a = 0.11 \text{ m}$$

$$b = 4.13 \text{ m}$$

Por lo tanto, tenemos una dimensión "b" de 4.13, por lo que el elemento de borde sería aproximadamente de 10 bloques de concreto relleno de grout, quedando demasiado largo transversalmente.

Utilizando el modelo del prototipo en L (propuesto):

Tabla 25: Iteraciones para el cálculo del "b" y "c" adecuado para prototipo en L – CASO 1

Iteración	Factores			L total (m)	c	b + c	L (m)	"b+c" aplicando los K.			b + c prom
	k1	k2	k3					k1	k2	k3	
1	0.3824	0.0344	0.7853	12	0.60	1.20	10.80	4.13	3.38	3.82	3.77
2	0.3824	0.0344	0.7853	12	1.89	3.77	8.23	3.14	2.57	2.91	2.87
3	0.3824	0.0344	0.7853	12	1.44	2.87	9.13	3.49	2.85	3.22	3.19
4	0.3824	0.0344	0.7853	12	1.59	3.19	8.81	3.37	2.76	3.11	3.08
5	0.3824	0.0344	0.7853	12	1.54	3.08	8.92	3.41	2.79	3.15	3.12
6	0.3824	0.0344	0.7853	12	1.56	3.12	8.88	3.40	2.78	3.14	3.10
7	0.3824	0.0344	0.7853	12	1.55	3.10	8.90	3.40	2.78	3.14	3.11

Fuente: propia.

Tomaremos entonces las siguientes medidas para el elemento de borde:

$$a = 0.11 \text{ m}$$

$$b \text{ y } c = 1.55$$

Por lo tanto, tenemos una dimensión "b" y "c" de 1.55 m, por lo que el elemento de borde sería de 4 bloques de concreto relleno de grout, quedando de la siguiente manera.

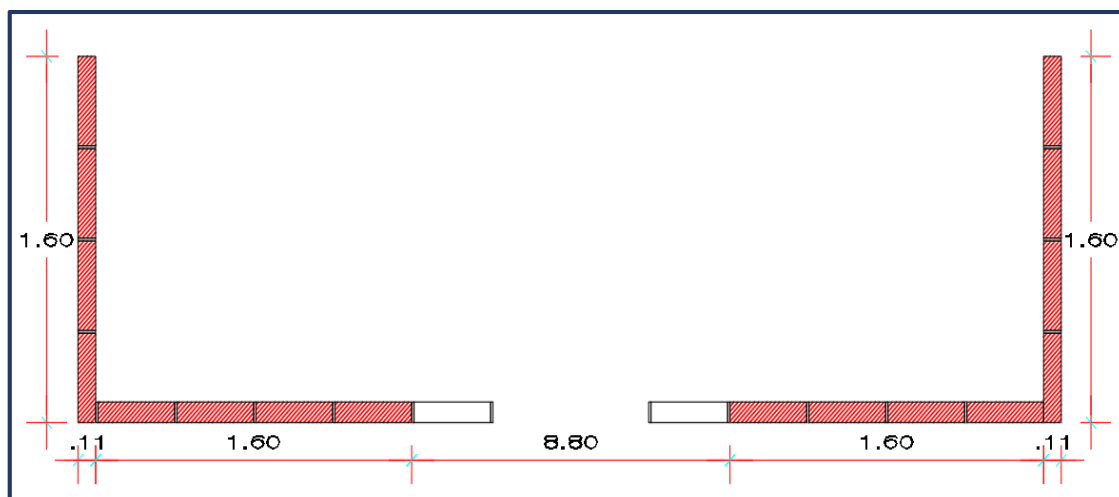


Figura 65: Esquema de la propuesta utilizando el modelo del Prototipo en L – CASO 2.

Fuente: propia.

Al igual que el caso anterior, la configuración del elemento de borde más razonable sería en tipo L, aunque, aun así, los valores son muy altos, lo cual nos indica que la longitud de los paños se debería reducir, de acuerdo a la Norma E.070 Artículo 17 – f, “La distancia máxima entre juntas de control es de 8m, en el caso de muros de unidades de concreto” por lo cual, este muro no estaría cumpliendo

Se propone usar una longitud de 8m, de acuerdo a lo que indica la NTP, teniendo las siguientes iteraciones:

Tabla 26: Iteraciones para el cálculo del “b” y “c” máximo para prototipo en L

Iteración	Factores			L total (m)	c	b + c	L (m)	"b+c" aplicando los K.			b + c prom
	k1	k2	k3					k1	k2	k3	
1	0.3824	0.0344	0.7853	8	0.60	1.20	6.58	2.52	2.52	2.33	2.45
2	0.3824	0.0344	0.7853	8	1.23	2.45	5.33	2.04	2.04	1.88	1.99
3	0.3824	0.0344	0.7853	8	0.99	1.99	5.79	2.22	2.22	2.05	2.16
4	0.3824	0.0344	0.7853	8	1.08	2.16	5.62	2.15	2.15	1.99	2.09
5	0.3824	0.0344	0.7853	8	1.05	2.09	5.69	2.17	2.17	2.01	2.12
6	0.3824	0.0344	0.7853	8	1.06	2.12	5.66	2.16	2.16	2.00	2.11

Fuente: propia.

Teniendo que, por cada 8 m se tendrá un “b” y “c” de aproximadamente 1m, haciendo uso de 2.5 bloques de concreto relleno de grout.

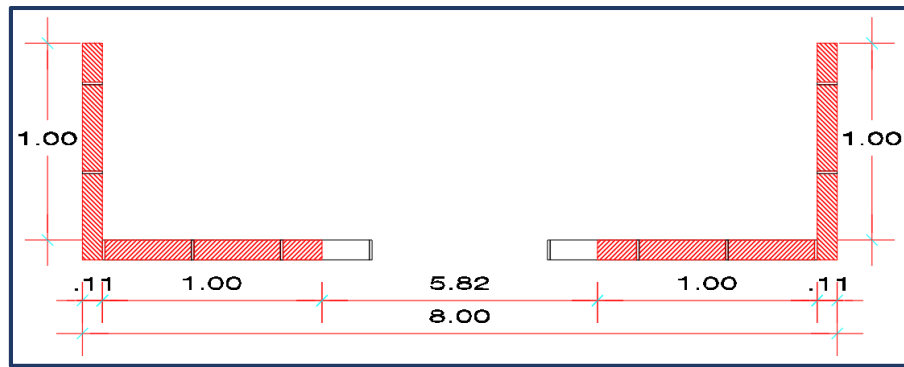


Figura 66: Esquema de la propuesta con un “b” y “c” óptimo – CASO 2.

Fuente: propia.

VI.1 Conclusiones

Se realizaron ensayos para determinar las propiedades de las unidades de mampostería de concreto vibrado no reforzado. Obteniendo los valores promedios cercanos a lo indicado en la NTP E 0.70, siendo:

Resistencia a la compresión de la unidad (f'_b)	: 48.29 Kg/cm ² .
Resistencia a la compresión axial (f'_m)	: 60.16 Kg/cm ² .
Resistencia a la cortante (v'_m)	: 7.13 Kg/cm ² .

Se construyeron tres prototipos de muro, con diferentes configuraciones y dimensiones de elemento de borde relleno con grout, siendo el primer prototipo de manera lineal y los otros en forma de C, como se puede observar en las fig, 67, 68 y 69. Se eligieron estos prototipos ya que, en la realidad, se suelen encontrar este tipo de configuraciones, tomando una longitud de 1.20m mínimo, que es lo que indica la Norma E0.70 Artículo 17, y con una altura de 2.00m para hacerlo esbelto. La primera configuración es con un arriostre longitudinal; y la otra, con un arriostre a 90 grados (se tomaron 2 prototipos con esta configuración, variando la longitud del elemento de borde) A continuación, se muestra las dimensiones de los elementos de borde por prototipo.

Prototipo 1 : 0.20m x 0.09 (2 muestras con arriostre longitudinal).

Prototipo 2 : 0.09m x 0.39 (2 muestras con arriostre transversal).

Prototipo 3 : 0.09m x 0.60 (2 muestras con arriostre transversal).

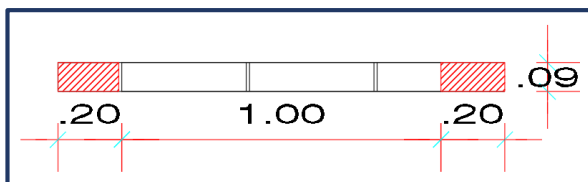


Figura 67: Esquema del Tipo 1 – Vista Planta
Fuente: Propia.

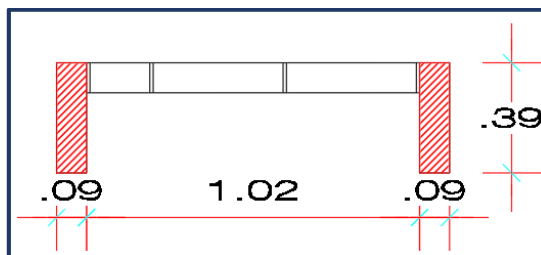


Figura 68: : Esquema del Tipo 2 – Vista Planta.
Fuente: Propia.

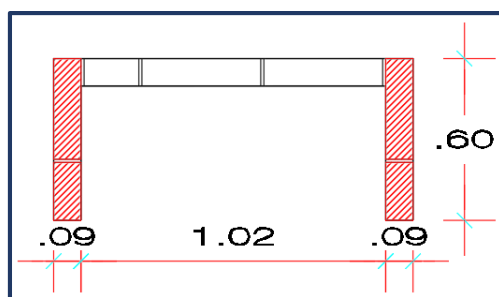


Figura 69: : Esquema del Tipo 3 – Vista Planta.
Fuente: Propia.

Se realizó el ensayo lateral de los tres prototipos de muros de mampostería de concreto vibrado no reforzado haciendo uso de un pórtico de carga y un teclé de 3Ton. En el prototipo lineal se presentaron pequeñas fisuras diagonales partiendo de las esquinas superiores hacia el centro del muro, en las esquinas se fisuró levemente en la junta del elemento de borde; sin embargo, al continuar inclinando el muro, las fisuras se hicieron un poco más notorias, observando su continuidad hacia el centro del muro hasta que surgió inestabilidad y colapsó. En los prototipos en forma de C se observaron fisuras muy leves solo en las esquinas superiores, siendo en la junta vertical que separaba el elemento de borde y el muro; mientras se siguió inclinando, la fisura solo se hizo un poco notoria, sin que siga avanzando hacia el centro de muro, hasta el colapso de éste. Al finalizar los ensayos, se revisaron las grabaciones, y se tomó nota de los ángulos hasta el último instante antes de que el muro pierda estabilidad y colapse, siendo el ángulo promedio por prototipo:

Prototipo 1 : 28°
 Prototipo 2 : 32°
 Prototipo 3 : 45.5°

En gabinete se procedió a calcular los esfuerzos generados en dichos muros, de acuerdo al ángulo obtenido en campo. Siendo el prototipo 2, el que presenta menor esfuerzo promedio:

Prototipo 1 : 0.966 Kg/cm².
 Prototipo 2 : 0.847 Kg/cm².
 Prototipo 3 : 1.011 Kg/cm².

Se determinó las relaciones óptimas de acuerdo a los esfuerzos obtenidos, obteniendo la relación entre el muro y su elemento de borde (E. B.) relleno de grout, denominándolos factores de forma, siendo k1, k2 y k3. Para ello se consideró lo siguiente:

a = Dimensión longitudinal del EB.
 b = Dimensión transversal del EB.
 L = Longitud del muro (sin el EB).

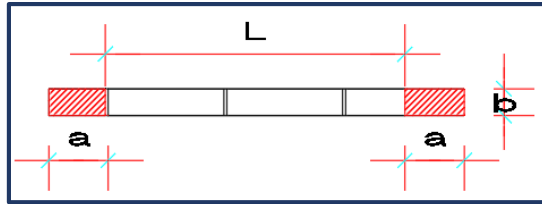


Figura 70: Dimensiones de a, b y L del prototipo 1.

Fuente: propia.

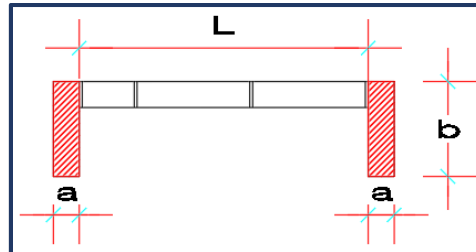


Figura 71: Dimensiones de a, b y L del prototipo 2.

Fuente: propia.

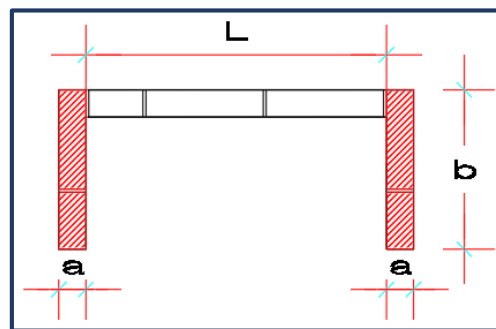


Figura 72: Dimensiones de a, b y L del prototipo 2.

Fuente: propia.

Basándonos en el Prototipo 2 que fue el que presentó menor esfuerzo. Estos valores fueron:

k1 = 0.3824, que corresponde a la relación de la dimensión longitudinal “b” del EB y la longitud del muro (L), es decir: $k1 = b / L$.

k2 = 0.0344, que corresponde a la relación de la sección transversal (a*b) del EB y la longitud del muro (L), es decir: $k2 = \text{Área} / L$.

k3 = 0.7853, que corresponde a la relación del peso del EB y el peso del muro, es decir: $k3 = \text{Peso}_{\text{E.B.}} / \text{Peso}_{\text{muro}}$.

Según el análisis realizado, con el uso de los factores de forma para dimensionar los elementos de borde rellenos de grout, se utilizó el promedio del resultado de las dimensiones obtenidas de acuerdo a un proceso iterativo según la forma de los prototipos

presentados. Finalmente, se tomó como mejor opción un modelo propuesto en L, mostrando el esquema en planta en la figura 73. Para ello se debe de conocer lo siguiente:

- a = Dimensión longitudinal (espesor) del EB perpendicular al muro.
- b = Dimensión transversal del EB.
- c = Dimensión longitudinal del EB (sin incluir “a”).
- L = Longitud total del muro (incluye el EB).

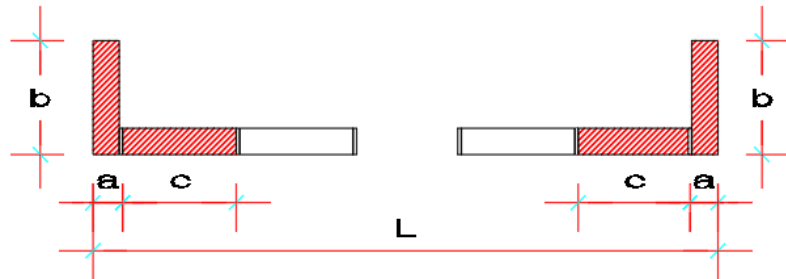


Figura 73: Esquema de propuesta, prototipo en L

En los dos casos presentados en los resultados, se demostró que este prototipo es el óptimo, presentando en ambos casos dimensiones razonables de los elementos de borde, uso de menos material para el relleno de grout en las unidades y aporta resistencia al muro en caso de sismo perpendiculares al elemento.

VI.2 Recomendaciones

Para obtenerse valores más aproximados a la realidad y evitar factores externos como inestabilidad y volteo, se propone elaborar un pórtico de carga con mayor capacidad y en un ambiente controlado.

Para lograr resultados más específicos se recomienda realizar estos ensayos con más prototipos de muros, así como con diversos tipos de unidades de mampostería.

Respecto a la evaluación de los factores de forma, se recomienda construir muros con factores dentro del rango de un 10% de aproximación, mostrado a continuación:

- k1 : 0.344 – 0.421
- k2 : 0.031 – 0.038
- k3 : 0.707 – 0.864

Dejamos esta investigación , como una primera referencia, que pueda servir para investigaciones futuras acerca del tema

ANEXOS

ANEXO 1: Adquisición de 500 bloques de concreto de 39 x 19 x 09 cm.



ANEXO 2: Elaboración de pórtico metálico.



ANEXO 3: Ensayo de compresión de la unidad



ANEXO 4: Ensayo de compresión axial.



ANEXO 5: Elaboración y curado de muretes de bloques de concreto.



ANEXO 6: Ensayo de compresión diagonal.



ANEXO 7: Ensayo de carga lateral en los prototipos.





ANEXO 8: Colapso de los prototipos.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcocer, S. M. (2003). Rehabilitación de estructuras de mampostería. En R. Meli, *Edificaciones de mampostería para vivienda* (págs. 455-560). México: Fundación ICA.
- Collantes, E., & Galicia, W. (2016). *Ensayo de resistencia por acciones perpendiculares al plano para verificar lo estipulado en la norma e.070 de albañilería para la propuesta estructural de un muro diseñado con fines arquitectónicos*. Obtenido de http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/3530/1/RE_ING.CIVIL_EWDIS.COL LANTES_ENSAYO.DE.RESISTENCIA_DATOS.PDF
- Florián Ramírez, E. (2009). *Recomendaciones para el diseño de Mampostería de Viviendas, menores a 50m2*. Obtenido de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2991_C.pdf
- Gallegos, H., & Casabonne, C. (2005). *Albañilería Estructural*. Lima: Fondo Editorial.
- Gamarra, R. (2002). *Software para el diseño estructural de albañilería con fuerzas perpendiculares*. Recuperado el 20 de 07 de 2018, de http://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/123456789/1358/ICI_080.pdf?sequen ce=1
- INEI. (2016). *Viviendas, según material predominante en las paredes exteriores y área de residencia*. Obtenido de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/indices_tematicos/cuadro-04.xlsx
- Madariaga, J., & Vilca, E. (2015). *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas autoconstruidas con albañilería confinada en las zonas de mayor peligro sísmico en la ciudad de Juliaca, Puno – Perú*. Obtenido de <http://documents.tips/documents/trabajo-de-investigacion-perfil-civil.html>
- Ministerio de Vivienda. (2006). *Norma Técnica E070 Albañilería*. Obtenido de <http://www.construccion.org/normas/rne2012/rne2006.htm>
- Miranda, E., & Tena Colunga, A. (2003). Comportamiento Mecánico de la mampostería. En R. Meli, *Edificaciones de Mampostería para Vivienda* (págs. 99-130). México: Fundación ICA, A.C.
- Peña, M., Bernardo, J., & San Bartolomé, A. (2009). *Efectos del peralte de las columnas en el comportamiento sísmico de los muros de albañilería confinada*. Obtenido de http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/149/BERNARDO_JO RGE_EFECTOS%20DEL%20PERALTE%20DE%20LAS%20COLUMNAS.pdf?sequen ce=1

- San Bartolomé, A. (1994). *Construcciones de Albañilería -Comportamiento Sísmico y Diseño Estructural*. . Lima: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- San Bartolomé, A. (2005). *Comentarios a la Norma Técnica de Edificación E070 "Albañilería"*. Lima: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- San Bartolomé, A., & Vegas di Malio, C. (1991). Estudio de la conexión albañilería-columna en el comportamientos sísmico de muros de albañilería confinada a escala 1/2.5. En A. San Bartolomé, *Construcciones de Albañilería* (págs. 153-154). Lima: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.